

Stephan Völker, Heike Schumacher (Hrsg.)

# Jahresbericht 2019/2020

## Annual Report 2019/2020





Stephan Völker | Heike Schumacher (Hrsg.)

**Jahresbericht 2019/2020**  
**Annual Report 2019/2020**

Die **Schriftenreihe des Fachgebietes Lichttechnik** wird herausgegeben von | is edited by:  
Prof. Dr.-Ing. habil. Stephan Völker und | and Heike Schumacher

Die Schriftenreihe des Fachgebietes Lichttechnik wurde mit dem Jahresbericht 2012 begonnen. Hierüber werden auch Dissertationen, herausragende Abschlussarbeiten, Monografien, Tagungsbände sowie Forschungsberichte des Fachgebietes Lichttechnik veröffentlicht.

Die Jahresberichte des Fachgebietes Lichttechnik lassen sich zurückverfolgen bis in das Jahr 1971. Sie informieren über Lehrveranstaltungen und aktuelle Forschungsvorhaben am Fachgebiet und geben einen Überblick über Mitarbeiter, Publikationen und Gremientätigkeiten. Übersichten zu Veröffentlichungen, Dissertationen und Studienarbeiten reichen sogar noch länger zurück.

The series of publications of the Chair of Lighting Technology began with the annual Report 2012. Dissertations, excellent final theses, monographs, abstract books and research reports of the chair are also published here.

The first annual report of the Chair of Lighting Technology was published in 1971. The reports inform about courses and current research projects and give an overview of the colleagues, their publications and committee work. Compilations of publications, dissertations and seminar papers go back longer.

**Jahresbericht 2019/2020**  
**Annual Report 2019/2020**

Herausgeber\*in | Editors:  
Stephan Völker  
Heike Schumacher

Universitätsverlag der TU Berlin

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

**Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek**

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available on the internet at <http://dnb.dnb.de>.

**Universitätsverlag der TU Berlin, 2020**

<http://verlag.tu-berlin.de>

Fasanenstr. 88, 10623 Berlin

Tel.: +49 (0)30 314 76131 / Fax: -76133

E-Mail: [publikationen@ub.tu-berlin.de](mailto:publikationen@ub.tu-berlin.de)

Diese Veröffentlichung – ausgenommen Zitate und anderweitig gekennzeichnete Teile – ist unter der CC-Lizenz CC BY lizenziert.

This work – except for quotes and where otherwise noted – is licensed under the Creative Commons Licence CC BY 4.0.

Lizenzvertrag | License agreement: Creative Commons Namensnennung 4.0

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Umschlagfoto | Cover image:

Heike Schumacher | Freie kommerzielle Nutzung. Kein Bildnachweis nötig.

Free commercial use. No photo credits required.

Druck | Print: docupoint GmbH

Satz/Layout | Typesetting/layout: Heike Schumacher

Übersetzung | Translation: Autoren | Authors und | and [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator)

**ISBN 978-3-7983-3170-9 (print)**

**ISBN 978-3-7983-3171-6 (online)**

**ISSN 2196-338X (print)**

**ISSN 2198-5103 (online)**

Zugleich online veröffentlicht auf dem institutionellen Repositorium der Technischen Universität Berlin:

Additionally published online on the institutional repository of the Technische Universität Berlin:

DOI 10.14279/depositonce-10533

<http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10533>

---

# Vorwort

## Foreword

---

### **Liebe Freunde und Förderer des Fachgebietes,**

schon wieder ist ein Jahr vorüber. Dieser Jahresbericht erscheint in einer Zeit, in der sich viel mehr Dinge verändert haben, als in den Jahren zuvor. Die Gesellschaft scheint eine andere geworden zu sein. Ist sie das aber wirklich oder treten nur Dinge zu Tage, die sonst im Verborgenen bleiben? In jedem Fall hat Corona vieles infrage gestellt. Was ist wirklich wichtig? Muss ich soviel reisen, um Projekte voranzubringen? Wir haben gelernt, dass manches anders geht. Und durch eine höhere Konzentration auf Dinge, die einem selbst wichtig sind, sind wir vielleicht auch besser und effektiver geworden.

Das wohl traurigste Ereignis des zurückliegenden Berichtszeitraumes war Ingbert Zimmermanns tragischer Tod durch einen Motorradunfall. Die Nachricht am Morgen des 19.12.2019 war ein unfassbarer Schock für das ganze Fachgebiet. Es dauerte Tage bis jeder von uns begriffen hatte, Ingbert kommt nicht mehr. Seine herzliche Umarmung am Morgen, sein Lachen über den Tag, sein nachdenkliches Gesicht, wenn er mit Dingen nicht einverstanden war, sein schlichtendes Wesen, sein gutmütiges Herz – all das wird uns für immer fehlen. Ich danke allen, die mit seiner Familie am 08.01.2020 von Ingbert Abschied genommen haben.

Bereits wenige Wochen später hieß es, dass die Uni nicht mehr zu betreten sei. Das vor uns liegende Semester sollte online stattfinden. Keiner wusste so richtig, was das bedeutet. Meine bisherigen Erfahrungen mit online-Meetings trugen nicht gerade dazu bei, mich wirklich auf ein solches Semester zu freuen. Hinzu kam, dass ich mir eine Vorlesung vor einem PC, ohne direkten Kontakt zu meinen Studierenden nicht vorstellen konnte.

### **Dear friends and sponsors of the chair,**

already again one year is over. This annual report appears in a time in which many more things have changed than in previous years. The society seems to have become a different one. But is it really so or are there only things that come to light that would otherwise remain hidden? In any case, Corona has questioned many things. What is really important? Do I have to travel so much to advance projects? We have learned that some things work differently. And by concentrating more on things that are important to you, we may have become better and more effective.

The saddest event of the past reporting period was Ingbert Zimmermann's tragic death by an motorcycle accident. The news on the morning of december 19<sup>th</sup>, 2019 was an unbelievable shock for the whole chair. It took days until each of us realized that Ingbert was no longer coming. His hearty embrace in the morning, his laughter throughout the day, his thoughtful face when he disagreed with things, his mediating nature, his good-natured heart – we will miss all that forever. I would like to thank everyone who said goodbye to Ingbert with his family on January 8<sup>th</sup>, 2020.

Only a few weeks later, it was announced that the university could no longer be entered. The semester ahead of us was to take place online. Nobody really knew what that meant. My previous experience with online meetings didn't really help me to look forward to such a semester. In addition, I could not imagine a lecture in front of a PC without real contact to my students.

---

In den ersten Wochen der Vorlesungszeit traf ich mich wöchentlich mit Frau Dr. Knoop, um unsere Erfahrungen zu teilen. Wir empfanden beide die Lehre als sehr still. Selbst Versuche, um Mitarbeit zu betteln, blieben oft unbeantwortet. Zu unserer Freude liefen jedoch die Prüfungen am Ende des Semesters überraschend positiv. Einige der Studierenden dankten uns für unser Engagement und entschuldigten sich sogar, dass sie nicht aktiver gewesen waren. Es war eben für alle eine ungewohnte Erfahrung – für uns als Lehrende, aber eben auch für die Studierenden.

Die für mich wichtigste Publikation diesen Jahres war die Fertigstellung des CIE-Reports zum Thema Psychologische Blendung in der Außenbeleuchtung. Dieser stellt eine wichtige Grundlage für zukünftige Forschungsarbeiten dar, die vor allem der begrifflichen und methodischen Vereinheitlichung dienen sollen. Nur so sind Untersuchungsergebnisse vergleich- und weltweite Grenzwerte erarbeitbar.

Die drei Forschungsprojekte DiginetPS, StEffi und LichtLABLaufsteg konnten im Berichtszeitraum erfolgreich abgeschlossen und die beiden neuen DymPro und LightCap begonnen werden. Das Projekt DymPro beschäftigt sich mit zeitlich und örtlich variabler Straßenbeleuchtung. LightCap ist ein europäisches Verbundprojekt, in dem Nachwuchswissenschaftler für Europa rund um Themen zu nicht-visuellen Wirkungen von Licht ausgebildet und vernetzt werden.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen und danke von ganzem Herzen für Ihr Interesse und Ihre Unterstützung. DANKE!

During the first weeks of the lecture period, I met with Dr. Knoop weekly to share our experiences. We both found the teaching very quiet. Even attempts to beg for cooperation often went unanswered. To our delight, however, the exams at the end of the semester were surprisingly positive. Some of the students thanked us for our commitment and even apologized for not having been more active. It was an unusual experience for everyone – for us as teachers, but also for the students.

For me, the most important publication this year was the completion of the CIE report on discomfort glare in outdoor lighting. This report represents an important basis for future research, which is primarily intended to standardize terminology and methods. This is the only way to ensure that the results of investigations can be compared and worldwide limit values can be worked out.

The three research projects DiginetPS, StEffi and LichtLABLaufsteg were successfully completed and the both new ones DymPro and LightCap started in the reporting period. The DymPro project deals with street lighting that can be varied in time and place. LightCap is a European joint project in which young scientists for Europe are to be trained and networked on topics related to the non-visual effects of light.

I hope you enjoy reading this report and thank you from the bottom of my heart for your interest and support. THANK YOU!

Herzliche Grüße | Best wishes

*Ihr Stephan Völker*



---

# Inhalt

## Contents

---

<b>1</b>	<b>Überblick über das Fachgebiet</b> <b>About the chair</b>	<b>9</b>
1.1	Mitarbeiter Staff	9
1.2	LEDLaufsteg LEDwalkway	14
1.3	Tageslichtmessplatz Daylight measuring site	15
1.4	Versuchsräume und Hörsäle Laboratories and lecture rooms	17
1.5	Messlabore – Lichttechnische Prüfstelle Testing laboratories – photometric test center	18
<b>2</b>	<b>Lehre</b> <b>Teaching</b>	<b>20</b>
2.1	Lichttechnische Lehrveranstaltungen Courses in lighting technology	20
2.2	Digitalisierung der Lehre Digitization of teaching	21
2.3	Schwerpunktprojekt Lichttechnik Focus project lighting technology	22
2.4	Grundlagen der Elektrotechnik Principles of electrical engineering	23
2.5	Teilnehmerzahlen Number of participants	24
<b>3</b>	<b>Forschung</b> <b>Research</b>	<b>25</b>
3.1	AuBe AuBe	26
3.2	StEffi StEffi	27
3.3	Ortsfestes Markierungslicht Stationary marker light	28
3.4	DymPro DymPro	29

3.5	Licht-LAB-Laufsteg Light LAB walkway	30
3.6	DIGINET-PS DIGINET-PS	31
3.7	Spektrale Himmelsmodelle Spectral sky models	32
3.8	Vereinfachter Tageslichtsensor Simplified daylight sensor	33
3.9	Tragbares Lichtdosimeter Wearable light dosimeter	34
3.10	Tageslichtsimulation in Virtual Reality Daylight simulation in Virtual Reality	35
3.11	LIGHTCAP LIGHTCAP	36
3.12	Richtungsabhängigkeit von nicht-visuellen Effekten Directional dependence of non-visual effects	37
<b>4</b>	<b>Arbeiten</b> <b>Activities</b>	<b>38</b>
4.1	Abschlussarbeiten Final theses	38
4.2	Dissertationen Dissertations	40
4.3	Veröffentlichungen und Vorträge Publications and presentations	42
4.4	Mitgliedschaften in Gremien und Fachausschüssen Board and committee memberships	44

---

# 1 Überblick über das Fachgebiet

## About the chair

---

Das Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin ist weltweit der älteste universitäre lichttechnische Lehrstuhl. Im Wintersemester 1882/83 hielt Prof. Vogel an der damaligen Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg die erste lichttechnische Vorlesung mit dem Titel „Über elektrisches Licht und Beleuchtungswesen“.

Innerhalb der TU gehört das Fachgebiet zur Fakultät Elektrotechnik und Informatik.

The Chair of Lighting Technology of the TU Berlin is the oldest university chair of lighting engineering in the world. In winter semester 1882/83, Prof. Vogel held the first photometrical lecture “About electric light and lighting” at the Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg, the predecessor of the TU Berlin.

Within the TU, the chair belongs to the faculty Electrical Engineering and Computer Science.

### 1.1 Mitarbeiter Staff

Neben seinem Leiter beschäftigt das Fachgebiet fünf weitere ständige Mitarbeiter. Wie Sie dem nachfolgend abgedruckten Nachruf entnehmen können, hinterlässt hier der Tod von Ingbert Zimmermann am 18.12.2019 eine große Lücke.

Weiterhin waren im Berichtszeitraum (01.10.2019 bis 30.09.2020) 12 wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt. Unterstützung erhält das Fachgebiet auch durch seine Ruheständler.

Alle Mitarbeiter sind auf den folgenden Seiten abgebildet. Der Fotonachweis der Bilder von Stephan Völker, Martine Knoop, Sandy Buschmann und Nils Weber lautet TU Berlin/PR/Felix Noak. Alle weiteren Bilder wurden vom Fachgebiet selbst angefertigt.

Zusätzlich arbeiteten am Fachgebiet folgende 12 studentischen Hilfskräfte: Konrad Albrecht, Samuel Fiedelak, Max Hellberg, David Kaczmarek, Carolin Lambeck, Lukas Liegener, Marcel Mand, Felix Patge, Nikolaos-Valter Perimenis, Matthias Schaale-Segeroth, Henri Wolf, Tim Zander.

In addition to its head, the chair has five other permanent employees. As you can see from the obituary printed below, the death of Ingbert Zimmermann on december 18<sup>th</sup>, 2019 leaves a large gap here.

In addition, 12 research assistants were employed in the reporting period (October 1<sup>st</sup>, 2019 to September 30<sup>th</sup>, 2020). Also retired employees gave support.

All those people are shown on the following pages. The photo proof of the pictures of Stephan Völker, Martine Knoop, Sandy Buschmann and Nils Weber is TU Berlin/PR/Felix Noak. All other pictures were made by the chair itself.

In addition the following 12 student assistants were working at the chair: Konrad Albrecht, Samuel Fiedelak, Max Hellberg, David Kaczmarek, Carolin Lambeck, Lukas Liegener, Marcel Mand, Felix Patge, Nikolaos-Valter Perimenis, Matthias Schaale-Segeroth, Henri Wolf, Tim Zander.

---

## Fachbietsleiter und feste Mitarbeiter

### Head of chair and permanent employees

---



**Prof. Dr.-Ing. Stephan Völker**  
Fachbietsleiter  
Head of Chair



**Christine Kluge**  
Teamassistentz  
Assistance



**Dr. Martine Knoop**  
Stellvertretende Leitung &  
Lehrkoordination  
Deputy head &  
coordination of teaching



**Heike Schumacher**  
Projektkoordination &  
Öffentlichkeitsarbeit  
Project management &  
Public relations



**Jörg Oertwig**  
Werkstatt & Technik  
Workshop & Technology



**Ingbert Zimmermann**  
Lichttechnische Prüfstelle &  
Laborleiter  
Photometric test center &  
Laboratory manager

## Aktive Ehemalige | Active alumni



**Dr.-Ing. Sirri Aydinli**



**Dr.-Ing. Felix Serick**



**Prof. Dr. Heinrich Kaase**  
Universitätsprofessor a. D.  
Emeritierter Fachbietsleiter  
Emeritus Head of Chair

---

**Nachruf für unseren Labor- und Prüfstellenleiter Ingbert Zimmermann**  
**Obituary for our laboratory and photometric test center manager Ingbert Zimmermann**

---

**Ingbert Zimmermann** wurde am 10.9.1961 in Schierstein, einem Vorort von Wiesbaden, geboren und verbrachte seine Kindheit und Jugend in dem kleinen Hafenstädtchen. Nach seinem Wehrdienst nahm Ingbert 1985 das Studium der Elektrotechnik in Siegen auf und wechselte nach dem Abschluss des Grundstudiums 1992 an die TU Berlin, wo er sich auf die Lichttechnik spezialisierte.

Als geselliger Freund und Kommilitone war er nicht nur wegen seiner Bärenkräfte sehr geschätzt. Er durfte bei keinem Umzug fehlen. In Berlin heiratete er Claudia Behrhorst und wurde Vater von drei Kindern.

1998 schloss Ingbert sein Studium an der TU Berlin als Diplom-Elektroingenieur ab und begann am 01.01.1999 beim TÜV-Rheinland in Berlin als Laborleiter zu arbeiten. Nach 10 Jahren wechselte er zur Firma Lichtmesstechnik Berlin (LMT), welche 1974 von Absolventen der TU Berlin und früheren Osram-Mitarbeitern gegründet wurde. Weil er so sehr mit dem Fachgebiet Lichttechnik verbunden war, kam Ingbert 13 Jahre nach seinem Abschluss zu uns als Prüfstellenleiter zurück.

Voller Energie und mit unglaublichem Engagement baute er die lichttechnische Prüfstelle wieder auf. Nur am KIT in Karlsruhe gibt es noch eine weitere lichttechnische Hochschul-Prüfstelle in Deutschland. Nicht nur für verschiedenste Fachgebiete unserer Universität war Ingbert für Mess- und Kalibrieraufgaben stets zu Diensten, er unterstützte neben Forschungsinstituten auch die Bundesbank und diverse staatliche Stellen. Sein Netzwerk zu Kollegen der PTB in Braunschweig und Berlin trug dazu bei, dass viele unserer Messmittel auf natio-

**Ingbert Zimmermann** was born on September 10<sup>th</sup>, 1961 in Schierstein, a suburb of Wiesbaden, and spent his childhood and youth in the small port town. After his military service, Ingbert began studying electrical engineering in Siegen in 1985. After completing his basic studies in 1992, he transferred to the Technical University of Berlin, where he specialized in lighting engineering.

As a sociable friend and fellow student he was not only appreciated for his bear powers. He was not allowed to be missing in any move. In Berlin he married Claudia Behrhorst and became father of three children.

In 1998 Ingbert graduated from the TU Berlin with a degree in electrical engineering and started working as a laboratory manager at the TÜV-Rheinland in Berlin on January 1, 1999. After 10 years he changed to the company Lichtmesstechnik Berlin (LMT), which was founded in 1974 by graduates of the TU Berlin and former Osram employees. Because he was so closely connected to the chair of lighting technology, Ingbert came back to us 13 years after his graduation as a laboratory manager.

Full of energy and with unbelievable commitment he rebuilt the light technical testing laboratory. Only at the KIT in Karlsruhe there is another university test center for lighting purposes in Germany. Ingbert was not only always at the service of various chairs of our university for measurement and calibration tasks, he also supported research institutes, the German Federal Bank and various government agencies. His network with colleagues at PTB in Braunschweig and Berlin contributed to the fact that many of our measuring instruments

---

nale Normale zurückgeführt sind, als Voraussetzung für eine korrekte wissenschaftliche Arbeit. Durch seine Arbeit als lichttechnischer Prüfstellenleiter des TÜV, als Entwicklungsingenieur für LMT, als Akkreditierer für die DAkkS – für die er weltweit lichttechnische Labore betreute – und als langjähriges Mitglied in zahlreichen Normungsausschüssen besaß er einen unschätzbaren Reichtum an Erfahrung, welchen er an uns alle weitergab.

Von Ingbert haben unsere Doktoranden gelernt, dass die Zahl  $\pi$  nicht nur in der Mathematik gilt, sondern auch als Dehnungsfaktor für alle Planungen im Leben eines Wissenschaftlers.

Am 18. Dezember 2019 verstarb Ingbert bei einem Motorradunfall. Nicht nur seine Erfahrung und sein Wissen, sondern ebenso seine Warmherzigkeit, seine Hilfsbereitschaft und Geselligkeit werden seiner Familie, seinen Freunden und unserem Fachgebiet sehr fehlen. Behalten wir ihn mit den Worten unserer Tutorin aus den Grundlagen der Elektrotechnik im Gedächtnis: „Er war der liebste Mensch, den ich an unserer Universität kennenlernen durfte“.

are traceable to national standards, which is a prerequisite for correct scientific work. Through his work as head of the light technical testing laboratory of the TÜV, as development engineer for LMT, as accreditor for the DAkkS – for which he was in charge of photometric laboratories worldwide – and as a long-time member of numerous standardization committees, he possessed an invaluable wealth of experience, which he passed on to all of us.

From Ingbert our PhD students have learned that the number  $\pi$  is not only valid in mathematics, but also as an expansion factor for all planning in the life of a scientist.

Ingbert died in a motorcycle accident on December 18<sup>th</sup>, 2019. Not only his experience and knowledge, but also his warmth, his helpfulness and sociability will be greatly missed by his family, his friends and our chair. Let us remember him in the words of our tutor from the fundamentals of electrical engineering: „He was the dearest person I was allowed to meet at our university“.

---

**Wissenschaftliche Mitarbeiter – Team Außenbeleuchtung**  
**Researchers – team outdoor lighting**

---



Birte Saathoff



Sandy Buschmann



Dr. rer. nat. Andreas Krensel



Leena Kanaa



Samuel Fiedelak



Farid Rahbar

---

**Wissenschaftliche Mitarbeiter – Team Innenbeleuchtung und Tageslicht**  
**Researchers – team indoor lighting and daylight**

---



Kai Broszio



Marina Leontopoulos



Silke Leontopoulos



Frederic Rudawski



Aicha Diakite



Nils Weber



## 1.2 LEDLaufsteg LEDwalkway



Mit dem 2015 eröffneten LEDLaufsteg auf dem Gelände des Technikmuseums Berlin verfügt das Fachgebiet über eine einzigartige Forschungs- und Demonstrationsstrecke für Außenbeleuchtung.

Mit Hilfe spezieller Masten und einer gezielten Ansteuerung von über 50 LED-Leuchten kann die Bedeutung von Lichtqualität, Verkehrssicherheit und Energieeffizienz sowie deren Abhängigkeiten von Masthöhe, Mastabstand, Bebauung, Lichtverteilung und Lichtfarbe vermittelt werden. Dazu finden regelmäßige Führungen statt, für die sich jeder Interessierte auf der Website [www.led-laufsteg.de](http://www.led-laufsteg.de) anmelden kann.

Eine spezielle Forschungsstrecke mit von 1–9 m Höhe stufenlos verfahrbaren Masten dient der Entwicklung neuer Beleuchtungskonzepte.

Stetig werden weitere zukunftsweisende Technologien umgesetzt. So werden im Rahmen eines Forschungsprojektes neue Steuerungskonzepte erprobt (Kapitel 3.4). Weiterhin ist die Realisierung einer Glasfaseranbindung geplant.

Der LEDLaufsteg wurde im Rahmen des Umweltentlastungsprogramms II vom Land Berlin gefördert und durch die Europäische Union kofinanziert (Projekt-Nr.: 11437UEPII/2). Leuchten und Steuerungssysteme wurden und werden von verschiedenen Industriepartnern zur Verfügung gestellt.

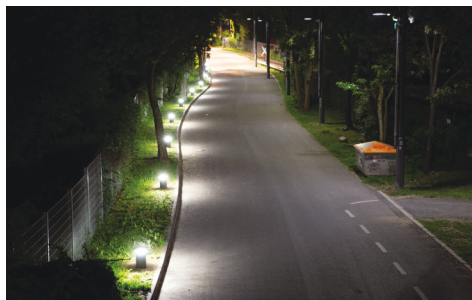
With the LEDwalkway at the Museum of Technology in Berlin, which was opened in 2015, the chair has a unique research and demonstration facility for outdoor-lighting..

With the aid of special masts and adjustments to over 50 LED lights, the importance of light quality, traffic safety and energy efficiency is demonstrated, as well as the various interdependencies between mast height, mast spacing, density of development, light distribution, and light colour. For this purpose, regular guided tours have taken place. Anyone interested in these guided tours can apply on the website [www.led-laufsteg.de](http://www.led-laufsteg.de).

A special area for research purposes with extendable masts (1–9 m height) can be used for the development of new lighting concepts.

Further future-oriented technologies are constantly being implemented. For example, new control concepts are being tested in a research project (chapter 3.4). Furthermore the realization of a fiber optic connection is planned.

The LEDwalkway was funded by Berlin as part of the Umweltentlastungsprogramm II and co-financed by the European Union (project code: 11437UEPII/2). Luminaires and lighting control systems were and are provided by various industrial partners.



LEDLaufsteg | LEDwalkway. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik



---

## 1.3 Tageslichtmessplatz Daylight measuring site

---

Das Fachgebiet Lichttechnik verfügt seit Anfang der 90er Jahre über einen Tageslichtmessplatz, der zu den umfassendsten weltweit gehört.

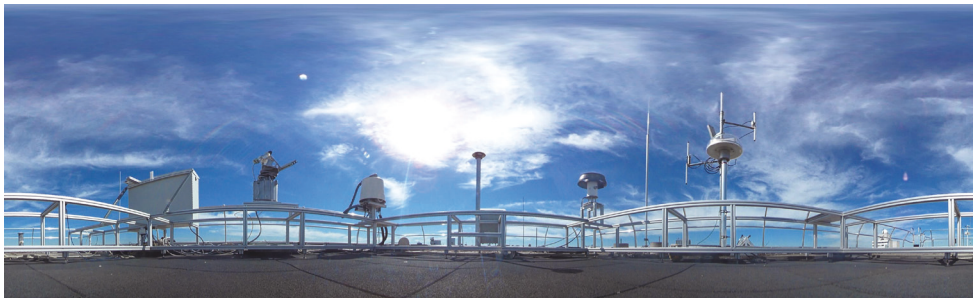
Zwischen 2014 und 2019 wurde der Messplatz im Zuge geänderter Sicherheitsvorschriften um- und ausgebaut. Hierbei wurden die Messgeräte überprüft und erweitert sowie ein Datenbanksystem und Software-Tools für die Auswertung der Daten implementiert. Diese werden eingesetzt, um die Tageslichtbedingungen in Berlin zu charakterisieren, spektrale Himmelsmodelle zu erstellen und das von der CIE standardisierte Rekonstruktionsverfahren für Tageslichtquellen mit geographischen und saisonalen Parametern zu erweitern. Die Erfassung und Nutzung der spektralen Tageslichtmessungen wird im Rahmen einer vom Fachgebiet initiierten Worldwide Measurement Campaign des C3 Subtask „Spectral sky models for advanced daylight simulations“ sowie des CIE Technical Committee „Spectral Daylight Characteristics“ international angeglichen. Erste Analysen wurden 2019 unter anderem auf dem Velux Daylight Symposium in Paris und der CIE Tagung in Washington präsentiert.

Die Messdaten des Tageslichtmessplatzes dienen auch externen Forschergruppen: Datensätze des spektralen Skyscanners der NHS Tayside & Univer-

Since the beginning of the 1990s, the chair of lighting technology has had one of the most comprehensive daylight measuring sites in the world.

Between 2014 and 2019, the measuring site was converted and expanded in line with changed safety regulations. During this process, the measuring equipment was checked and expanded and a database system and software tools for data evaluation were implemented. These are used to characterize the daylight conditions in Berlin, to create spectral sky models and to extend the CIE-standardized reconstruction procedure for daylight sources with geographical and seasonal parameters. The acquisition and use of the spectral daylight measurements will be internationally harmonized within the framework of a Worldwide Measurement Campaign initiated by the C3 Subtask ‚Spectral sky models for advanced daylight simulations‘ and the CIE Technical Committee ‚Spectral Daylight Characteristics‘. First analyses were presented 2019 at the Velux Daylight Symposium in Paris and the CIE Conference in Washington.

The measurement data from the daylight measurement site are also used by external research groups: Data sets of the spectral Skyscanner by the NHS Tayside & Univerersity of Dundee for use



Tageslichtmessplatz | Daylight measuring site. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik

sity of Dundee für den Einsatz im Bereich photodynamische Therapie sowie Messdaten des Tageslichtmesskopfes, des Pyranometers und des Pyrheliometers für eine Masterarbeit an der UCL in London, um das Verhalten von Gebäudemanagementsystemen und Nutzern in einem Pilotgebäude in Berlin zu untersuchen.

Eine Beschreibung der im Zusammenhang mit dem Messplatz laufenden Forschungsarbeiten finden Sie in den Kapiteln 3.7 und 3.8.

Ein Livestream des Messplatzes kann unter <http://bit.ly/dms-TUB-live> aufgerufen werden.





Nachfolgende Übersicht gibt einen Überblick über die auf dem Tageslichtmessplatz verwendeten Geräte und gemessenen Kenngrößen:

in photodynamic therapy as well as measurement data from the daylight sensor, the pyranometer and the pyrheliometer for a master's thesis at UCL in London to investigate the behaviour of building management systems and users in a pilot building in Berlin.

A description of the research work in connection with the measuring site can be found in chapters 3.7 and 3.8.

A livestream of the measuring station can be accessed at <http://bit.ly/dms-TUB-live>.

The following table gives an overview of the devices used on the daylight measuring site and the measured parameters:

Messgerät Instrument	Hersteller Manufacturer	Abbildung Figure	Messgröße(n) Measured value(s)	Beschreibung Description
Pyranometer Pyranometer	Kipp & Zonen		$E_{e,g}$	Globalbestrahlungsstärke Global irradiance
Pyrheliometer Pyrheliometer	Kipp & Zonen		$E_{e,\perp}$	Direkte Bestrahlungsstärke durch die Sonne auf einer Normalfläche Direct solar irradiance
Tageslichtmesskopf Daylight photometer head	PRC Krochmann		$E_h$ $E_{v,Nord}$   north $E_{v,Ost}$   east $E_{v,Süd}$   south $E_{v,West}$   west	Horizontale und vertikale Beleuchtungsstärken in alle Haupthimmelsrichtungen Horizontal and vertical illuminances in all major directions
Spektraler Sky-Scanner Spectral sky scanner	Czibula & Grundmann		$L_{e,\lambda,1..145}$	Spektrale Strahldichte in 145 verschiedene Richtungen, spektrale Bandbreite von 360 nm bis 970 nm Spectral radiance in 145 different directions, spectral bandwidth from 360 nm to 970 nm

Messgeräte des Tageslichtmessplatzes | Instruments of the daylight measuring site. Quelle | Source: TU Berlin/PR/Felix Noak

---

## 1.4 Versuchsräume und Hörsäle

### Laboratories and lecture halls

---

Das Fachgebiet verfügt über besondere Räumlichkeiten für Untersuchungen und Probandenstudien, speziell zu nicht-visuellen Wirkungen.

Eines der schwarzen Labore wurde 2019 mit vier Halbkugeln mit kalt- und warmweißer LED-Beleuchtung ausgestattet, um unter Laborbedingungen den Einfluss der Lichtrichtung auf die Aufmerksamkeit zu untersuchen (Kapitel 3.12).

Auch im Spezialversuchsraum des Fachgebietes, in dem Leuchtdichteverteilungen sowie ähnlichste Farbtemperaturen von Wänden und Decke einstellbar sind, wurden verschiedene Studien zum Einfluss von Lichtrichtung und Lichtquellengröße auf nicht-visuelle Wirkungen durchgeführt.

Die Beleuchtung im großen Hörsaal des Fachgebietes HE 101 erlaubt die Einstellung unterschiedlicher Lichtfarben und Beleuchtungsstärken.

Mit dem kleineren Hörsaal E 20 mit seinen frei programmierbaren Settings für Beleuchtungsstärken und Farbtemperaturen kann während der Veranstaltungen und Vorlesungen des Fachgebietes eine visuell und nicht-visuell wirksame Beleuchtung demonstriert werden. Hier befindet sich auch eine Lichtquellen-Demonstrationsanlage mit einer großen Vielfalt an konventionellen Lichtquellen und LED-Lichtlösungen, welche ebenso in der Lehre eingesetzt wird.

The chair has special rooms for experimental work and studies on test participants, especially for such on non-visual effects.

One of the black laboratories was equipped with four hemispheres with cold and warm white LED illumination in 2019 to study the influence of the direction of light on attention under laboratory conditions (chapter 3.12).

Various studies on the influence of light direction and light source size on non-visual effects were also conducted in the chair's special test room, where luminance distributions and correlated color temperatures of walls and ceiling can be adjusted.

The lighting in the large lecture hall of the chair HE 101 allows the adjustment of different light colors and illuminances.

The smaller lecture hall E 20 with its freely programmable settings for illuminance and color temperature allows the demonstration of visually and non-visually effective lighting during lectures and seminars of the chair. Here is also a light source demonstration facility with a large diversity of conventional light sources and LED lighting solutions, which is also used in teaching.



Lichtquellen-Demonstrationsanlage | Light sources demonstration facility. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik

## 1.5 Messlabore – Lichttechnische Prüfstelle

### Testing laboratories - photometric test center

Das Fachgebiet führt lichttechnische Messungen für Forschung, staatliche Institutionen und Industrie durch. Hierzu gehören sowohl das normgerechte Messen und Bewerten von Allgemeinbeleuchtung (DIN, IEC, EN und ISO) als auch die Charakterisierung licht- oder strahlungstechnischer Sonderlösungen. Darüber hinaus ist das Fachgebiet entwicklungsbegleitend und schulend tätig. Als universitäre Einrichtung bietet die Prüfstelle den Vorteil einer unabhängigen Institution.

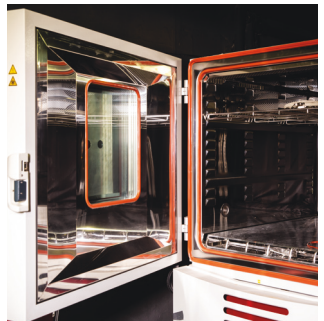
Die moderne umfangreiche Messtechnik des Fachgebietes bietet folgende Möglichkeiten:

- Integrale Messtechnik von 200 bis 4.500 nm
- Spektrale Messtechnik von 250 bis 2.000 nm
- Goniometersysteme für Lampen, Leuchten und Tageslichtsysteme mit winkelabhängiger farbmeterischer Auswertung
- Optische Bank bis zu 100 m Länge
- Spezialmesseinrichtungen für LED
- Bidirektionale Anlage
- Kalibriereinrichtungen für Beleuchtungsstärke, Lichtstrom, Lichtstärke und Leuchtdichte
- Messeinrichtungen für lichttechnische Materialkennzahlen

The chair carries out technical light measurements for research purposes as well as for industrial and state institutions. This includes the standard measurement and evaluation of general lighting (DIN, IEC, EN and ISO), as well as the characterization of special technical solutions for light or radiation. Furthermore the chair offers support in technical development and teaching. As a university facility, the test centre offers the advantage of being an independent institution.

For technical measurements, the following modern devices are available:

- Integral measurement technology from 250 to 4,500 nm
- Spectral measurement technology from 250 to 2,000 nm
- Goniometer systems for integral and spectral measurements, including examination of angle dependent colourmetric evaluation
- Optical bench up to 100 m in length
- LED special measuring devices
- Bidirectional measuring system
- Calibration devices for illuminance, luminous flux, luminous intensity and luminance density
- Measurement devices for photometric material coefficients



Optische Bank/Ulbrichtkugel/Klimakammer | Optical bench/integrating sphere/climatic chamber. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik

Folgende Messungen werden angeboten:

Untersuchungen von Selbstleuchtern hinsichtlich

- Lichtstrom
- Leuchtdichte –  
integral und ortsaufgelöst
- räumliche Lichtstärkeverteilung (LVK)
- Leuchtenbetriebwirkungsgrad
- Energieeffizienz/Lichtausbeute
- Blendung
- Farbmaßzahlen
- Zeitverhalten
- spektrale Verteilung
- photobiologische Wirksamkeit
- Schädigungspotenzial

Messung und Bewertung von Materialien

- spektraler und integraler Transmissions-,  
Reflexions- und Absorptionsgrad
- spektrales und integrales Streuverhalten
- weitere Stoffkennzahlen –  
spektral aufgelöst und integral
- Farbmaßzahlen

Messungen an Monitoren

- zeitliches Verhalten
- Leuchtdichte
- Farbe
- Spektren von 250 bis 2.000 nm

The following measurements are on offer:

Investigations of primary light sources as regards

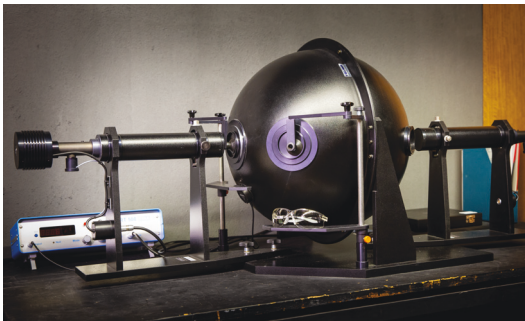
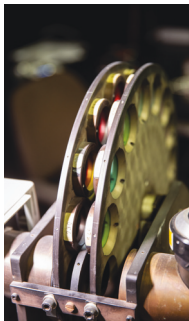
- Luminous flux
- Luminance –  
integral and and spatially resolved
- Spatial luminous intensity distribution
- Light output ratio
- Energy efficiency/luminous efficacy
- Glare
- Colorimetric values
- Temporal behaviour
- Spectral distribution
- Photobiological effectiveness
- Damage potential

Measurement and evaluation of materials

- Spectral and integral transmission, reflection  
and absorption
- Spectral and integral scattering
- Further material coefficients –  
spectrally resolved and integrally
- Colorimetric values

Measurements on monitors

- Temporal behaviour
- Luminance
- Colour
- Spectra from 250 to 2,000 nm



Farbmesser/kleine Ulbrichtkugel/Drehspiegel | Colorimeter/small Integrating sphere/goniometer. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik

---

## 2      **Lehre** **Teaching**

---

Den Studierenden des Fachgebietes werden neben soliden theoretischen Grundlagen auch viele praktische Aspekte vermittelt. Das Ausbildungsangebot umfasst den Bachelor of Science, den anschließenden Master sowie die Promotion zum Dr.-Ing.

Neben Frau Dr. Knoop und Herrn Prof. Völker führten auch Dr. Adrian Mahlkow und Prof. Peter Flesch Lehrveranstaltungen durch.

Students of the chair not only gain a solid theoretical knowledge, but also learn about practical aspects of the field. They can study for a Bachelor of Science degree, go on to take a Master's degree, and if successful may then complete a doctoral degree.

In addition to Dr. Knoop and Prof. Völker, Dr. Adrian Mahlkow and Prof. Peter Flesch also held lectures.

### 2.1    **Lichttechnische Lehrveranstaltungen** **Courses in lighting technology**

Innerhalb von zwölf Modulen lernen Teilnehmer verschiedener Studiengänge (z. B. Elektrotechnik, Informatik, Wirtschaftsingenieurwesen, Physik, Physikalische Ingenieurwissenschaften, Gebäudeenergiesysteme) unter anderem die Grundgrößen der Lichttechnik kennen, lichttechnische Berechnungen und Planungen durchzuführen, Beleuchtungsanlagen zu charakterisieren sowie Messgeräte zu bedienen.

Folgende Module werden angeboten:

#### **Bachelor-Module**

- Einführung in die Lichttechnik
- Wahlmodul Beleuchtungstechnik
- Schwerpunktprojekt Lichttechnik

#### **Master-Module**

- Grundzüge der Technischen Optik
- Lichttechnik
- Angewandte Lichttechnik
- Lichtmesstechnik
- Solarstrahlung
- Lichttechnik: Grundlagen und Anwendungen
- Lichtquellen
- Lichttechnische Forschung
- Licht- und Farbwahrnehmung

Within twelve modules, students of various courses of study (e.g. electrical engineering, computer science, industrial engineering, physics, physical engineering, building energy systems) get to know the basic parameters of lighting technology, perform lighting calculations and planning, characterise lighting systems and operate measuring instruments.

The following modules are offered:

#### **Bachelor Module**

- Introduction to lighting technology
- Elective module: lighting engineering
- Focus project lighting technology

#### **Master Modules**

- Fundamentals of technical optics
- Lighting technology
- Applied lighting technology
- Light measurement technology
- Solar radiation
- Lighting technology: basics and applications
- Light sources
- Lighting research
- Light and colour perception



### Praktische Versuche

Die praktische Anwendung bildet einen wichtigen Bestandteil der lichttechnischen Lehre. Innerhalb der Module finden Versuche zu unterschiedlichen Themen statt: Glühlampe, Ulbricht'sche Kugel, IR-Strahlungsthermometrie, LED-Thermomanagement sowie Messgenauigkeit.

### Practical trials

Practical application is an important part of lighting training. Within the framework of the modules, experiments on different topics will take place: incandescent lamp, integrating sphere, IR radiation thermometry, thermal management of LEDs and measuring accuracy.

## 2.2 Digitalisierung der Lehre Digitization of teaching

Zur Eindämmung des Coronavirus wurde das Sommersemester 2020 an der TU Berlin ohne Präsenzlehre durchgeführt. Alle Lehrveranstaltungen des Fachgebietes, mit Ausnahme der Praktika, wurden in unterschiedlichen online-basierten Formaten angeboten: Die Vorlesungsreihen „Grundlagen der Lichttechnik“, „Grundzüge der Technischen Optik“, „Physiologische Optik“, „Licht- und Strahlungsmesstechnik“ sowie „Beleuchtungstechnik II“ wurden live online gehalten. Die Inhalte der Vorlesungsreihen „Tagelichttechnik & Solarstrahlung“ und „Beleuchtungstechnik I“ sowie der Lichttechnik Übungen wurden den Studierenden „asynchron“ über Videos und andere digitale Lehrmaterialien zur Verfügung gestellt.

In order to contain the corona virus, the summer semester 2020 at the TU Berlin was conducted without classroom teaching. All courses of the chair, with the exception of internships, were offered in different online-based formats: The lecture series „Fundamentals of Lighting Technology“, „Fundamentals of Technical Optics“, „Physiological Optics“, „Light and Radiation Measurement Technology“ and „Illumination Technology II“ were held live online. The contents of the lecture series „Daylight Technology & Solar Radiation“ and „Illumination Technology I“ as well as the lighting technology exercises were made available to the students „asynchronously“ via videos and other digital teaching materials.



Digitale Lehre | Digital teaching. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik



---

## 2.3 Schwerpunktprojekt Lichttechnik

### Focus project lighting technology

---

Ziel des im letzten Jahr entwickelten, praxisorientierten Schwerpunktprojektes Lichttechnik ist die Verknüpfung von lichttechnischem Wissen mit aktuellen Technologien, wie Virtual Reality.

Zu diesem Zweck bekommen die Studierenden zunächst einen theoretischen Überblick über ausgewählte Gebiete der Lichttechnik sowie aktuelle Displaytechnologien. Im darauffolgenden Praxisteil lernen sie den Umgang mit Messgeräten sowie die Programmierung in der Engine Unity.

Im für das Projekt aufgebauten VR-LAB des Fachgebietes bearbeiten die Studierenden Aufgabenstellungen aus den verschiedensten Bereichen. Dabei verfolgen sie immer die Frage, wie Lichtszenen möglichst korrekt erstellt und auf einem Head-Mounted-Display umgesetzt werden können.

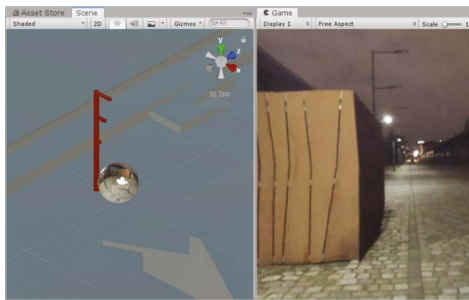
Beispielprojekte sind der VR-Fahrsimulator „Marker Light“, der den Effekt des am Fachgebiet erforschten Markierungslichts an einer Kreuzung erlebbar macht, sowie eine virtuelle Nachbildung des LED-Laufstegs, in der unterschiedliche Straßenbeleuchtungskonzepte visualisiert werden. Für letzteres untersuchten die Studierenden die Anpassung zwischen Aufnahmen einer 360°-Kamera und einer Leuchtdichtekamera.

The goal of the practice-oriented focus project lighting technology, developed last year, is to link lighting engineering knowledge with current technologies such as Virtual Reality.

For this purpose, students first get a theoretical overview of selected areas of lighting technology as well as current display technologies. In the following practical part, they learn how to handle measuring devices and programming in engine Unity.

In the chair's VR-LAB, which was set up for the project, the students work on tasks from various areas. They always follow the question of how light scenes can be created as correctly as possible and implemented on a head-mounted display.

Example projects are the VR driving simulator „Marker Light“, which make it tangible the effect of the marking light at an intersection, as well as a virtual replica of the LEDwalkway, in which different street lighting concepts are visualized. For the latter, the students investigated the adaptation between images taken by a 360° camera and a luminance camera.



VR-Simulationen | VR simulations. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik



---

## 2.4 Grundlagen der Elektrotechnik

### Principles of electrical engineering

---

Seit Herbst 2009 ist das Fachgebiet für die „Grundlagen der Elektrotechnik“ verantwortlich. Diese umfangreiche Basisveranstaltung ist obligatorisch für mehrere Studiengänge. Im Wintersemester 2019/2020 nahmen 394 Studierende daran teil.

Zwar ist die Durchführung einer solchen Großveranstaltung mit großen organisatorischen Herausforderungen verbunden; jedoch bietet sich hier die Chance, den Nachwuchs zu einem sehr frühen Zeitpunkt des Studiums auf die Lichttechnik aufmerksam zu machen.

Der Veranstaltung liegt ein ganzheitliches didaktisches Konzept zu Grunde. Hierzu zählen ansprechende, aufeinander aufbauende Folien, Hörsaalaufgaben sowie die Veranschaulichung von Phänomenen mit Hilfe von Live-Experimenten. Aufgrund ihrer großen Relevanz werden künftig die Themen Nachhaltigkeit und Technikfolgeabschätzung in den Vorlesungen und Übungen verstärkt behandelt.

Eine von den Studierenden sehr geschätzte Tradition ist die „Weihnachtsvorlesung“, bei der spannende lichttechnische Experimente vorgeführt werden.

Since Autumn 2009, our chair has been responsible for teaching the “principles of electrical engineering”. This introductory course is obligatory for students from a number of courses. In winter semester 2019/2020, 394 students took part.

Although the realization of such a major lecture is associated with great organizational challenges, it offers the opportunity to call attention of young people to lighting technology at a very early stage of their studies.

The lecture is based on a holistic didactic concept. This includes appealing slides that build on each other, lecture hall exercises and the illustration of phenomena with the help of live experiments. Due to their great relevance, the topics of sustainability and technology assessment will be increasingly dealt with in lectures and exercises in the future.

A firm favourite with students every year is the traditional “Christmas lecture”, which is accompanied by exciting light experiments.

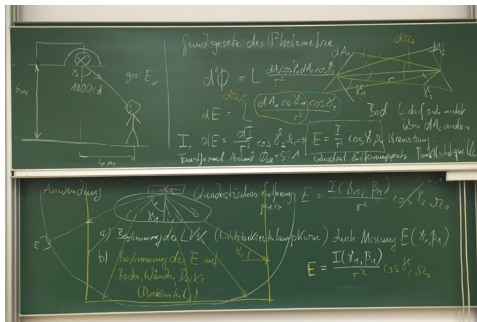
## 2.5 Teilnehmerzahlen Number of participants

### Wintersemester | Winter semester 2019/2020

Grundlagen der Elektrotechnik   Principles of electrical engineering	394
Einführung in die Lichttechnik   Introduction to lighting technology	67
UE Einführung in die Lichttechnik   Exercise – Introduction to lighting technology	62
Lampen und Leuchten   Lamps and luminaires	11
Höhere Farbmimetrik und Farberscheinung   Advanced colorimetry and colour phenomena	13
Grundzüge der Technischen Optik   Principles of technological optics	5
Praktikum Lichttechnik I   Practical lighting technology I	8
Schwerpunktprojekt Lichttechnik   Focus project lighting technology	9

### Sommersemester | Summer semester 2020

Grundlagen der Lichttechnik   Principles of lighting technology	50
UE Grundlagen der Lichttechnik   Exercise – principles of lighting technology	39
Physiologische Optik   Physiological optics	14
Grundzüge der Technischen Optik   Principles of technological optics	4
Beleuchtungstechnik I   Lighting engineering I	14
Beleuchtungstechnik II   Lighting engineering II	5
Projekt Beleuchtungstechnik   Project in lighting engineering	3
Tageslichttechnik und Solarstrahlung   Daylight technology and solar radiation	14
Licht- und Strahlungsmesstechnik   Light and radiation metrology	10



Tafelbild | Panel painting. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik

### 3      **Forschung Research**

Forschung spielt eine wichtige Rolle am Fachgebiet. Der Großteil der eingeworbenen Drittmittel stammt aus öffentlichen Förderprogrammen. Ergänzend werden Projekte mit Industriepartnern durchgeführt sowie fachgebietseigene und Mittel des Vereins zur Förderung des Fachgebiets Lichttechnik eingesetzt.

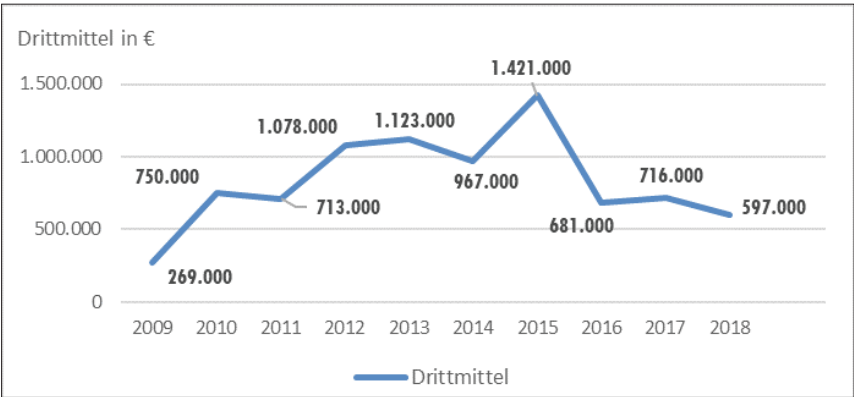
Die Forschungsschwerpunkte des Fachgebietes liegen in den Bereichen Außenbeleuchtung sowie Tageslicht und Innenraumbeleuchtung. Innerhalb der Forschungsprojekte werden Modelle und Beleuchtungskonzepte erarbeitet, Qualitätskriterien definiert sowie neue Messtechnik entwickelt. Neben der Erforschung grundlegender Zusammenhänge sollen die Forschungsergebnisse dazu beitragen, Effizienz, Sicherheit sowie visuellen und nicht-visuellen Komfort zu steigern.

Auf den nachfolgenden Seiten werden die Forschungsarbeiten der letzten 12 Monate kurz vorgestellt.

Research is a very important activity at the chair. A large part of third-party funding derives from public funding programs. In addition, projects are also carried out in cooperation with industrial partners, and the chair also funds research using its own resources and contributions from the Friends of the Chair.

The research at the chair focuses on outdoor lighting, and daylight and indoor lighting. The research projects work out models and lighting concepts, define quality criteria, and develop new measuring technologies. In addition to basic research, work is also carried out to improve efficiency, safety, and visual and non-visual comfort.

On the following pages the research work of the last 12 months is briefly presented.



Drittmittelentwicklung | Development of funding. Quelle | Source: TU Berlin/FG Lichttechnik

*L. Kaanaa, S. Völker*

### **Artenschutz durch umweltverträgliche Beleuchtung**

*Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BFN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)*

*Laufzeit des TU Teilprojektes: 06/2019–05/2022*

Ziel des vom Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei IGB koordinierten Verbundvorhabens ist der Artenschutz durch Umsetzung eines Straßenbeleuchtungsdesigns, welches sowohl die Anlock- als auch die Barrierewirkung auf Fluginsekten unter Berücksichtigung der notwendigen Beleuchtungsstandards weitestgehend minimiert.

Hierfür werden gemeinsam mit Herstellern Leuchten entwickelt, die exakte Lichtverteilungen realisieren, ohne Streulicht auf umliegende Flächen abzugeben.

Nach Installation der Leuchten auf dem Experimentalfeld des IGB und einer Evaluation der Wirkung auf Insekten wird das Leuchtdesign in vier weiteren Gebieten umgesetzt:

- Gemeinde Stechlin, OT Neuglobsow im Naturpark Stechlin-Ruppiner Land
- Gemeinde Havelaue, OT Gülpe im Naturpark und Sternepark Westhavelland
- Stadt Fulda, Umweltzentrum Fulda
- Stadt Krakow am See im Naturpark Nossentiner/Schwinzer Heide e.V.

Auch für die hier zu installierenden Leuchten werden optimierte Lichtverteilungen ermittelt und vorgegeben. Eine besondere Herausforderung hierbei ist die Gewährleistung der Verkehrssicherheit entsprechend der vorliegenden Straßengeometrien.

*L. Kaanaa, S. Völker*

### **Species protection through environmentally friendly lighting**

*Funded by the Federal Agency for Nature Conservation with resources from the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety*

*Duration of the TU subproject: 06/2019–05/2022*

Aim of the joint project, which is coordinated by the Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries IGB, is species conservation by implementing a street lighting design that minimizes the attraction radius as well as the barrier effect on flying insects on street lights as far as possible, taking into account the necessary lighting standards.

For this purpose, luminaires are to be developed that realize exact light distributions without emitting scattered light onto surrounding surfaces.

After installation of the corresponding luminaires on the experimental field of the IGB and an evaluation of the effect of insects, the luminaire design will be implemented in four further areas:

- Local community Stechlin, district Neuglobsow in the nature park Stechlin-Ruppiner Land
- Local community Havelaue, district Gülpe in the nature and star park Westhavelland
- City Fulda, environmental centre Fulda
- City Krakow am See in the nature park Nossentiner/Schwinzer Heide e.V.

Optimized light distributions are also determined and specified for the luminaires to be installed here. The challenge here is to ensure traffic safety in accordance with the road geometries.

*S. Buschmann, S. Völker*

### **Steigerung der Energieeffizienz in der Straßenbeleuchtung durch Entwicklung und Evaluierung einer nutzflächenbezogenen Beleuchtung**

*Gefördert durch das Bundesministerium für  
Wirtschaft und Technologie (BMWi)*

*Laufzeit: 05/2016–02/2020*

Mit dem Forschungsvorhaben wurden Maßzahlen und Konzepte für eine maßgeschneiderte Beleuchtung der unterschiedlichen Nutzflächen im Außenbereich entwickelt.

Zunächst wurden die hierfür wichtigsten Kennzahlen sowie deren Grenzwerte und Abhängigkeiten untersucht. Da zur Festlegung entsprechender Maßzahlen häufig die Reflexionseigenschaften der Deckschichten der Nutzflächen eine große Rolle spielen, wurde im Rahmen des Projektes ein vereinfachtes Messverfahren für deren Ermittlung entwickelt.

Anhand verschiedener komplexer Referenzsituationen mit mehreren Nutzflächen wie Straßen, Gehwege, Radwege und Hausfasaden und damit entsprechend unterschiedlichen Nutzungsarten und Anforderungen wurden Lichtstärkeverteilungskurven optimiert und deren Energiebedarfe berechnet. So konnte gezeigt werden, dass mit einer nutzflächenbezogenen Beleuchtung bis zu 37 % an Energie eingespart werden können.

Der im Rahmen des Projektes entstandene Kriterienkatalog soll Kommunen und Betreibern als Planungshilfe dienen.

*S. Buschmann, S. Völker*

### **Increasing energy efficiency in street lighting through the development and evaluation of a usable area-based lighting system**

*Supported by the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi)*

*Duration: 05/2016–02/2020*

The research project developed suitable parameters and concepts for tailor-made lighting of the various outdoor areas.

First of all, the most important key figures as well as their limit values and dependencies were clarified. Since the reflection properties of the surface layers of the usable drawing space play often an important role in determining the corresponding suitable parameters, a simplified measuring procedure was developed within the framework of the project to determine these.

Using various complex reference situations with several usable areas such as roads, footpaths, cycle paths and house facades and thus different types of use and requirements, luminous intensity distribution curves were optimised and their energy requirements calculated. With the help of these examples it has been shown that energy savings of up to 37% can be achieved with lighting based on the area of use.

The catalog of criteria developed in the course of the project is to serve as a planning aid for municipalities and operators.

### 3.3 Ortsfestes Markierungslicht Stationary marker light



*F. Rahbar, S. Völker*

#### **Entwicklung neuer Straßenbeleuchtungskonzepte mit Markierungslicht**

*Gefördert im Rahmen des Berliner Programms für Nachhaltige Entwicklung (BENE) aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (ERDF) und des Landes Berlin (Förderkennzeichen 1053-B5-O)*

*Laufzeit: 04/2017–06/2021*

Analysen nächtlicher Unfälle im städtischen Straßenverkehr zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Unfallrisiko und der Beleuchtungsqualität von Straßen. Besonders gefährdet sind hier Fußgänger und Fahrradfahrer zum Beispiel bei Abbiegevorgängen in Kreuzungsbereichen, wo sie von Autofahrern spät oder gar nicht gesehen werden. Durch gezielte Beleuchtung mithilfe eines nachgeführten Markierungslichtes kann die Aufmerksamkeit von Autofahrern in diesen kritischen Situationen auf sie gelenkt und eine rechtzeitige Reaktion sichergestellt werden. Ein erster Prototyp eines Markierungslichtes wurde entwickelt und auf dem LEDLaufsteg sowie einer realen Kreuzung erfolgreich getestet. Zur Verbesserung der Funktionalität wird zur Zeit ein weiterer Prototyp in Form einer Halbkugel mit zahlreichen Spotlights entwickelt.

Um die Verkehrsteilnehmerpositionen robust zu erfassen, wurden KI-Modelle mit zahlreichen Daten von unterschiedlichen Verkehrs- und Wettersituationen eines ganzen Jahres trainiert.

In den nächsten Monaten werden die Akzeptanz und Wirksamkeit des Konzeptes aus der Sicht von Fußgängern und Autofahrern auf dem LEDLaufsteg untersucht.

*F. Rahbar, S. Völker*

#### **Development of new street lighting concepts with marker light**

*Supported within the framework of the Berlin Programme for Sustainable Development (BENE) with funds from the European Regional Development Fund (ERDF) and the State of Berlin (Promotional reference 1053-B5-O)*

*Duration: 04/2017–06/2021*

Analyses of night-time accidents in urban road traffic show a correlation between the risk of accidents and the lighting quality of roads. Pedestrians and cyclists are particularly at risk here, for example when turning off at intersections where they are seen late or not at all by drivers. Targeted lighting using a track marker light can draw the attention of drivers in these critical situations and ensure a response in time. A first prototype of a marker light was developed and successfully tested on the LEDwalkway and a real intersection. A further prototype in the form of a hemisphere with numerous spotlights is currently being developed to improve the functionality.

In order to capture the position of road users in a robust way, AI models were trained with numerous data from different traffic and weather situations over a whole year.

In the coming months, the acceptance and effectiveness of the concept will be investigated from the perspective of pedestrians and drivers on the LEDwalkway.

## 3.4 DymPro DymPro



S. Fiedelak, S. Völker

### **DymPro – Dynamische Anpassung der Berliner Straßenbeleuchtung**

*Gefördert im Rahmen des Berliner Programms für Nachhaltige Entwicklung (BENE) aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Berlin (Förderkennzeichen 1257-B5-O)*

*Laufzeit: 10/2019–11/2022*

Ziel des Projektes ist es, Anforderungen an ein Steuerungssystem der Straßenbeleuchtung zu definieren, die der zukünftigen Smart City Berlin entsprechen, und deren Umsetzung vorzubereiten. Hiermit ist insbesondere die Realisierung einer dynamischen und damit adaptiven Beleuchtung verbunden.

Das EU-Projekt „Dynamic Light“ (<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/Dynamic-Light.html>) definiert eine adaptive Straßenbeleuchtung als zeitlich gesteuerte Änderung der Leuchtdichte oder Beleuchtungsstärke in Bezug auf Verkehrsaufkommen und/oder Verkehrszusammensetzung, Zeit oder andere Einflussparameter der Umgebung. Für das Projekt sollen insbesondere zwei Konzepte realisiert werden:

- Absenkung des Beleuchtungsniveaus zu Zeiten geringer Nutzung (Dimmung).
- Anhebung des Beleuchtungsniveaus bei Detektion eines Verkehrsteilnehmers (Mitlaufen).

Voraussetzung für eine adaptive Beleuchtung ist eine reibungslos funktionierende Steuerung. Daher werden aktuell erhältliche Steuerungssysteme untersucht sowie bereits umgesetzte adaptive Beleuchtungsanlagen evaluiert. Besonders vielversprechende Systeme werden auf dem LEDLaufsteg getestet.

S. Fiedelak, S. Völker

### **DymPro – Dynamic adaptation of Berlin street lighting**

*Supported within the framework of the Berlin Programme for Sustainable Development (BENE) with funds from the European Regional Development Fund (ERDF) and the State of Berlin (Promotional reference 1257-B5-O)*

*Duration: 10/2019–11/2022*

The aim of the project is to define requirements for a control system for street lighting that meets the future needs of Smart City Berlin and to prepare its implementation. In particular, this involves the realization of a dynamic and thus adaptive lighting system.

The EU project „Dynamic Light“ (<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/Dynamic-Light.html>) defines adaptive street lighting as a time-controlled change in luminance or illuminance in relation to traffic volume and/or traffic composition, time or other influencing parameters of the environment. Two concepts in particular are to be realized for the project:

- Reduction of the illumination level at times of low usage (dimming).
- Increasing the illumination level when a traffic participant is detected (walking along).

The prerequisite for adaptive lighting is a smoothly functioning control system. Therefore, currently available control systems are investigated and already implemented adaptive lighting systems are evaluated. Especially promising systems are tested on the LEDwalkway.

## 3.5 Licht-LAB-Laufsteg Light LAB walkway

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

A. Krensel, B. Saathoff, S. Völker

### **Ausbau des LEDLaufstegs als Bildungs- und Kompetenzzentrum für ressourcenschonende Energienutzung in der Beleuchtung**

*Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI)*

*Laufzeit: 01/2017–02/2020*

Das Projekt hatte es sich zum Ziel gesetzt, die Bedeutung LED-basierter Beleuchtung für den Klimaschutz anschaulich zu vermitteln, zu einem verantwortungsvollen Umgang mit Licht und Energie zu animieren und eine weite Verbreitung energieeffizienter Beleuchtungslösungen zu unterstützen.

Hierfür wurde der LEDLaufsteg (Kapitel 1.2) weiter ausgebaut. So können mit Hilfe einer neuen Stele der Energieumsatz der verschiedenen Beleuchtungsszenen angezeigt und über eine App alle wichtigen Informationen zu den installierten Leuchten abgerufen werden. Im Rahmen von begleiteten Führungen wurden und werden kommunale Entscheidungsträger zu den Möglichkeiten einer Umrüstung auf energieeffiziente LED-Technologie informiert.

Zusätzlich wurden am Fachgebiet Workshops für Schüler\*innen durchgeführt, die das Einsparpotenzial der LED mittels verschiedener pädagogischer Konzepte erleb- und begreifbar machten. Sobald möglich, werden die Workshops mit Unterstützung der Fakultät IV und des DEIN Labors ([www.dein-labor.tu-berlin.de](http://www.dein-labor.tu-berlin.de)) bis Ende 2021 fortgesetzt werden.

Um den LEDLaufsteg auch ortsungebunden präsentieren zu können, wurde er in einer VR-Umgebung abgebildet sowie in einem Tunnelmodell nachgebaut.

A. Krensel, B. Saathoff, S. Völker

### **Expansion of the LEDwalkway as an education and competence centre for resource-conserving energy use in lighting**

*Supported by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) as part of the National Climate Initiative (NKI)*

*Duration: 01/2017–02/2020*

The project aimed to clearly communicate the importance of LED-based lighting for climate protection, encourage the responsible use of light and energy and support the widespread use of energy-efficient lighting solutions.

For this purpose, the LEDwalkway (chapter 1.2) has been further extended. With the help of a new stele the energy turn over of the different lighting scenes can be displayed and all important information about the installed lights can be called up via an app. During guided tours, municipal decision-makers were and are informed about the possibilities of converting to energy-efficient LED technology.

In addition, the chair held workshops for schoolchildren, which made the savings potential of LEDs tangible and understandable by means of various pedagogical concepts. As soon as possible, the workshops will be continued until the end of 2021 with the support of the Faculty IV and the DEIN Laboratory ([www.dein-labor.tu-berlin.de](http://www.dein-labor.tu-berlin.de)).

Furthermore, the LEDwalkway was mapped in an VR environment and reproduced in a tunnel model, so that it can also be experienced from any location.





A. Krensel, S. Völker

***Die digital vernetzte Protokollstrecke –  
urbanes Testfeld automatisiertes und  
vernetztes Fahren***

*Gefördert durch das Bundesministerium für  
Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)*

*Dauerzeit: 04/2017–12/2019*

In dem Projekt des DAI Labors und des Fachgebietes Lichttechnik der TU Berlin, der Cisco Systems GmbH, dem Daimler Center for Automotive Information Technology Innovations, der Deutsche Telekom AG, der Berliner Agentur für Elektromobilität sowie dem Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme wurde eine Teststrecke für anwendungsnahes vernetztes, urbanes automatisiertes Fahren realisiert.

Zur Realisierung eines adaptiven Beleuchtungskonzeptes wurden die im Projekt verwendeten Leuchten (Jessica 800 der Fa. Selux) mit SR („sensor ready“) Vorschaltgeräten (Philips XITANIUM) und die Masten mit TVILIGHT Gateways ausgestattet. Zusätzlich mussten Sensoren eingebunden werden (KiwiSecurity).

Folgende zwei use cases wurden für das Projekt getestet und umgesetzt:

- zeitlich angepasstes Absenken der Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit vom Verkehrsfluss
- Parkplatzmonitoring mit Anhebung des Beleuchtungsniveaus erst bei Annäherung eines Fahrzeuges oder bei Ankunft eines Fahrers an sein Fahrzeug.

A. Krensel, S. Völker

***The digitally networked protocol path –  
Urban test field automated and networked  
driving***

*Supported by the Federal Ministry of Transport  
and Digital Infrastructure (BMVI)*

*Duration: 04/2017–12/2019*

In the project of the DAI Laboratory and the Department of Lighting Technology at the TU Berlin, Cisco Systems GmbH, the Daimler Center for Automotive Information Technology Innovations, Deutsche Telekom AG, the Berlin Agency for Electric Mobility and the Fraunhofer Institute for Open Communication Systems, a test track for application-oriented networked, urban automated driving was realized.

To realize an adaptive lighting concept, the luminaires used in the project (Jessica 800 from Selux) were equipped with SR („sensor ready“) ballasts (Philips XITANIUM) and the masts with TVILIGHT gateways. In addition, sensors had to be integrated (KiwiSecurity).

The following two use cases were tested and implemented for the project:

- time-adjusted reduction of the illuminance depending on the traffic flow
- parking lot monitoring with increase of the lighting level only when a vehicle approaches or when a driver arrives at his vehicle.

A. Diakite, M. Knoop

### **Entwicklung und Anwendung spektraler Himmelsmodelle in der urbanen Planung**

*Gefördert durch die Velux Stiftung*

*Laufzeit: 07/2017–04/2021*

A. Diakite, M. Knoop

### **Development and application of spectral sky models in urban planning**

*Supported by the Velux Foundation*

*Duration: 07/2017–04/2021*

Ziel dieses Projektes ist die bessere Berücksichtigung von Tageslicht in der Stadtplanung, um das menschliche Wohlbefinden insbesondere in dicht bebauten städtischen Gebieten zu verbessern. Das Projekt stellt hierfür Datensätze mit spektralen Informationen des Tageslichtes in Form spektraler Himmelsmodelle zur Verfügung.

Im Rahmen des Projektes wurden mit Hilfe der Daten des Skyscanners (Kapitel 1.3) bestehende Spektralhimmelsmodelle überprüft. Prinzipiell konnte bestätigt werden, dass es möglich ist, spektrale Himmelsmodelle basierend auf einem von Chain vorgeschlagenen Zusammenhang zwischen Leuchtdichte (L) und ähnlichster Farbtemperatur (CCT) zu erstellen. Die Arbeit wurde mit dem 2. Preis im International Colour Association Wettbewerb ‚Student Paper Award‘ ausgezeichnet.

Weiterhin wurde ein Tool zur Darstellung des spektralen Potenzials des Tageslichtes an Fassaden entwickelt sowie eine holistische farbmtrische Analyse des Tageslichtes vorgenommen. Somit können die relevanten Parameter bei einer Tageslichtplanung mit Spektraldaten berücksichtigt und der Einfluss von Orientierung, Bebauung sowie Tageslichtbedingungen auf das spektrale Potenzial von Fassaden bewertet werden.

Um die Validität der spektralen Himmelsmodelle für andere Regionen überprüfen zu können, werden im Frühjahr 2021 überregionale farbmtrische Messungen durchgeführt.

The aim of this project is to improve the consideration of daylight in urban planning in order to enhance human well-being, especially in densely built-up urban areas. The project provides data sets with spectral information of daylight in the form of spectral sky models.

Within the scope of the project, existing spectral sky models were reviewed and new spectral sky models were developed using the data from the Skyscanner (Chapter 1.3). In principle it could be confirmed that it is possible to create spectral sky models based on a relationship between luminance (L) and most correlated color temperature (CCT) proposed by Chain. The work was awarded 2<sup>nd</sup> prize in the International Colour Association ‚Student Paper Award‘ competition.

Furthermore, a tool for displaying the spectral potential of daylight on facades was developed and a holistic colorimetric analysis of daylight was performed. Thus, the relevant parameters can be taken into account in daylight planning with spectral data and the influence of orientation, building development and daylight conditions on the spectral potential of facades can be evaluated.

To verify the validity of the locally defined spectral sky models for other regions, supra-regional colorimetric measurements will be performed in spring 2021.

---

## 3.8 Vereinfachter Tageslichtsensor

### Simplified daylight sensor

---

N. Weber, M. Knoop

#### ***Entwicklung eines vereinfachten, spektral- und richtungsauflösenden Tageslichtsensors***

Um bei nicht-visuellen Beleuchtungskonzepten den Beitrag des Tageslichtes berücksichtigen zu können, müssen bisher bestehende Tageslichtsensoren erweitert werden. Bisher erhobene Zielgrößen sind üblicherweise die horizontale Beleuchtungsstärke auf der Nutzfläche sowie Schwellwerte von Bestrahlungsstärken auf Fassaden, welche den Einsatz von Sonnenschutzrollos oder Ähnlichem regeln können.

Neben einer ausreichenden Beleuchtung der Nutzfläche sind aber gerade die vertikalen Bestrahlungsstärken am Auge ausschlaggebend für die Erzielung nicht-visueller Effekte.

Aus diesem Grund soll ein spektral- und richtungsauflösender Tageslichtsensor entwickelt werden, der gegenüber dem spektralen Sky-Scanner auf dem Tageslichtmessplatz des Fachgebietes (Kapitel 1.3) deutlich vereinfacht ist.

Anhand der Messdaten des Sky-Scanners werden daher verschiedene Sensorkonzepte überprüft, um in den nächsten Monaten einen Prototyp-Sensor aufzubauen, der das Spektrum des einfallenden Tageslichtes aus unterschiedlichen Richtungen erfassen kann. Mit ihm sollen sowohl die horizontalen Beleuchtungsstärken als auch die spektralen Bestrahlungsstärken unterschiedlicher Büroräume bestimmt werden können.

N. Weber, M. Knoop

#### ***Development of a simplified daylight sensor with spectral and directional resolution***

In order to be able to take the contribution of daylight into account in non-visual lighting concepts, existing daylight sensors must be extended. Usually, the target values collected so far are the horizontal illuminance on the usable area as well as threshold values of irradiance on facades, which can control the use of sun blinds or similar.

In addition to sufficient illumination of the usable area, the vertical irradiance of the eye is crucial for achieving non-visual effects.

For this reason, a spectral and directional resolving daylight sensor is to be developed, which is significantly simplified compared to the spectral Sky-Scanner on the daylight measuring site of the chair (chapter 1.3).

Based on the measurement data from the Sky Scanner, various sensor concepts are therefore being examined in order to build a prototype sensor over the next few months that can capture the spectrum of incident daylight from different directions. This sensor will be able to determine both the horizontal illuminance and the spectral irradiance of different office spaces.

---

## 3.9 Tragbarer Lichtdosimeter

### Wearable light dosimeter

---

*F. Rudawski, M. Knoop*

***Individuell automatisierte Lichtlösungen  
mittels eines tragbaren Lichtdosimeters***

Nichtvisuelle Lichtwirkungen werden in der Regel durch die Reduzierung oder Erhöhung des blauen Spektralanteils realisiert. Die spektrale Änderung wird dabei üblicherweise durch die Tageszeit reguliert und vernachlässigt persönliche Parameter wie Lichthistorie oder Blickrichtung.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde ein erster funktionsfähiger Prototyp eines tragbaren Lichtdosimeters entwickelt, mit dem die Berücksichtigung solcher relevanten personenbezogenen Parameter möglich ist. In Anlehnung an den CIE Standard S026/E:2018 wurde ein kamerabasiertes Messsystem konzipiert, welches die spektralen Sensitivitäten der verschiedenen Sinneszellen der Netzhaut sowie den Einfluss des Blickfeldes berücksichtigt. Damit kann die richtungsabhängige und spektrale Lichthistorie einer Person erhoben und als Steuerelement in eine Beleuchtungslösung integriert werden, um eine individuell optimierte Beleuchtung anbieten zu können.

Für die korrekte Darbietung der so optimierten Beleuchtung muss die Abstrahlung der Leuchte bezüglich Spektrum, Lichtstärke und Abstrahlrichtung angepasst werden. Um die für bestimmte nicht-visuelle Lichtwirkungen optimale spektrale Lichteinfallverteilung für gegebene Raumgeometrien und spektrale Reflexionswerte berechnen zu können, wurde ein spektraler Simulationsalgorithmus entwickelt. Mit einer Rückkopplungsschleife zwischen Leuchte und Dosimeter können die Leuchtenparameter kontinuierlich den individuellen Anforderungen angepasst werden.

*F. Rudawski, M. Knoop*

***Individual automated lighting condition by  
means of a wearable light dosimeter***

Non-visual effects are usually realized by reducing or enhancing the intensity of the blue part of the luminaire's spectral power distribution. Usually, this parameter is merely regulated by the time of day, neglecting personal parameters such as light history or viewing direction.

Within the scope of this research work a first functional prototype of a wearable light dosimeter was developed, which allows the consideration of such relevant personal parameters. Following the CIE standard S026/E:2018, a camera-based measurement system was conceived, which takes into account the spectral sensitivities of the different sensory cells of the retina as well as the influence of the field of view. Thus, the directional and spectral light history of a person can be collected and integrated as a control element in an illumination solution to provide individually optimized illumination.

For the correct presentation of the lighting optimized in this way, the radiation of the luminaire must be adjusted in terms of spectrum, luminous intensity and direction of radiation. In order to calculate the optimal spectral light incidence distribution for certain non-visual lighting effects for given room geometries and spectral reflection values, a spectral simulation algorithm was developed. With a feedback loop between luminaire and dosimeter the luminaire parameters can be continuously adapted to individual requirements.

---

## 3.10 Tageslichtsimulation in Virtual Reality

### Daylight simulation in Virtual Reality

---

*M. Leontopoulos, S. Leontopoulos, M. Knoop*  
**Tageslichtsimulation in Virtual Reality**

Die voranschreitende Urbanisierung geht mit zunehmendem Tageslichtmangel für den Menschen einher. Während sich die Zahl stressbedingter Erkrankungen erhöht, wird der Zugang zu Tageslicht und Natur immer weiter eingeschränkt. Dabei kann gerade Tageslicht als Taktgeber des zirkadianen Rhythmus zu einer verbesserten Schlafqualität und einer Reduktion von Stress beitragen. Für Betroffene könnte durch Standort-ungebundene Tageslichtsimulationen in der Virtual Reality ein Ersatz geschaffen werden. Darüber hinaus bietet der Einsatz virtueller Szenen auf einem mobilen Headset zahlreiche Vorteile für die lichttechnische Forschung. Dies kommt vor allem bei Tageslicht-Experimenten zum Tragen, welche auf Grund des sich stetig veränderlichen Himmels üblicherweise unter Kunstlicht durchgeführt werden müssen.

Zunächst gilt es jedoch zu klären, wie genau Tageslichtszenen abgebildet werden können. Eine von vielen Einschränkungen durch das Display sind z. B. die im Vergleich zum Himmel deutlich geringeren Leuchtdichten. Daher werden zunächst die für die Wahrnehmung relevanten Parameter, wie Leuchtdichte, reproduzierbare Farbbereiche und Flicker, untersucht.

Hierbei wird eine klare Aufteilung zwischen messtechnischer Charakterisierung, somit der Eingrenzung der technischen Limitationen und Empfehlungen zur Kalibrierung, sowie der wahrnehmungspsychologischen Bewertung der Parameter in Probandenversuchen vorgenommen. Denn schlussendlich stellt sich die Frage, wie realistisch die Darstellung von Tageslicht überhaupt sein muss, um gewünschte Effekte zu erzielen.

*M. Leontopoulos, S. Leontopoulos, M. Knoop*  
**Daylight simulation in Virtual Reality**

The advancing urbanization is accompanied by an increasing lack of daylight for people. While the number of stress-related illnesses is increasing, access to daylight and nature is becoming more and more restricted. Daylight in particular, as a clock generator of the circadian rhythm, can contribute to improved sleep quality and a reduction in stress. For those affected, daylight simulations in Virtual Reality could be used as a substitute, independent of location. Furthermore, the use of virtual scenes on a mobile headset offers numerous advantages for lighting research. This is especially important for daylight experiments, which usually have to be performed under artificial light due to the steadily changing sky.

First, however, it must be clarified how exactly daylight scenes can be displayed. One of many limitations imposed by the display are, for example, the significantly lower luminances compared to the sky. For this reason, the parameters relevant to perception, such as luminance, reproducible color ranges and flicker, are first examined.

A clear division is made between metrological characterization, thus limiting the technical restrictions and recommendations for calibration, and the perceptual psychological evaluation of the parameters in test person experiments. Ultimately, the question arises as to how realistic the representation of daylight must be in order to achieve desired effects.

## 3.11 LIGHTCAP LIGHTCAP



M. Knoop

**LIGHTCAP: Licht, Kognition, Aufmerksamkeit, Wahrnehmung**

*Förderung durch das Horizon 2020 Forschungs- und Innovationsprogramm der Europäischen Union unter der Marie Skłodowska-Curie grant agreement Nr. 860613*

*Laufzeit: 03/2020–02/2024*

LightCAP vereinigt eine große Bandbreite unterschiedlichster sowohl akademischer als auch wirtschaftlicher Partner aus den Disziplinen Neurobiologie, Chronobiologie, kognitive Neurowissenschaften, Psychologie, Lichtanwendungen sowie Lichttechnik. Das aus insgesamt 21 Institutionen und Firmen bestehende Forschungsnetzwerk hat es sich zum Ziel gesetzt, exzellente junge Forscher zu Experten auszubilden, welche die Auswirkungen von Licht auf den Menschen untersuchen und in der Lage sind, ihr gewonnenes Wissen anschließend in die praktische Anwendung zu überführen.

Ziel der Arbeiten unseres/r Doktoranden/in des ist es, den Einfluss der Lichtrichtung unter Berücksichtigung spektraler Eigenschaften auf die Wahrnehmung, visuellen Komfort und Aufmerksamkeit zu verstehen. Zu diesem Zweck werden eigene Probandenstudien durchgeführt. Genutzt wird hierfür der vollständig mit LEDs hinterleuchtete Spezialversuchsraum (Kapitel 1.4), in dem eine Vielzahl von Leuchtdichteverteilungen mit unterschiedlichen Spektren auf den Wänden und der Decke erzeugt werden kann. Ein zu entwickelndes Messgerät soll das vom Auge der Probanden empfangene Licht im Hinblick auf Spektrum und Richtungsabhängigkeit erfassen.

M. Knoop

**LIGHTCAP: Light, Cognition, Attention, Perception**

*This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 860613*

*duration: 03/2020–02/2024*

LightCAP brings together a wide range of different academic and commercial partners from the disciplines of neurobiology, chronobiology, cognitive neuroscience, psychology, lighting applications and lighting engineering. The research network, consisting of 21 institutions and companies, has set itself the goal of training excellent young researchers to become experts who will investigate the effects of light on humans and who will then be able to transfer their knowledge into practical applications.

Goal of our Ph.D. students work is to understand the influence of the direction of light, taking into account spectral properties on perception, visual comfort and attention. For this purpose, own studies are carried out with test persons. The special test room, which is completely backlit with LEDs (chapter 1.4), is used for this purpose. A variety of luminance distributions with various spectra can be generated on the walls and ceiling. A measuring device to be developed will record the light received by the test persons' eyes with regard to spectrum and directional dependence.

---

## 3.12 Richtungsabhängigkeit von nicht-visuellen Effekten

### Directional dependence of non-visual effects

---

K. Broszio, M. Knoop

#### **Richtungsabhängigkeit von nicht-visuellen Effekten von Licht**

Die vertikale Beleuchtungsstärke am Auge wird in vielen Studien zu nicht-visuellen Wirkungen von Licht als unabhängige Variable genutzt. Dabei gab und gibt es bei gleicher Beleuchtungsstärke immer wieder widersprüchliche Studienergebnisse. Dies ist möglicherweise in der Definition der Beleuchtungsstärke als räumlich integraler Größe begründet, welche keine Information über die Lichteinfallrichtung enthält.

Dabei zeigen einzelne Forschungsergebnisse, dass eine Beleuchtung der unteren Hälfte der Netzhaut während der Nacht Melatonin effektiver unterdrückt. Für eine gezielte Stimulierung nicht-visueller Wirkungen ist es wichtig, zu wissen, ob diese Richtungsabhängigkeit auch am Tag besteht.

Mit Hilfe eines Probandenversuchs mit beleuchteten Halbkugeln wurden daher in einem Laborraufbau zunächst der Nachweis der nächtlichen Richtungsabhängigkeit und anschließend die Übertragbarkeit der Ergebnisse von der Nacht auf den Tag untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bereits bei niedrigen Beleuchtungsstärken Licht aus dem oberen Gesichtsfeld einen positiven Einfluss auf Audioreaktionszeiten während des Tags und der Nacht hat.

In einem weiteren Versuch wurden verschiedene Lichtszenen mit unterschiedlichen Lichteinfallrichtungen während des Tages in einer büroähnlichen Situation überprüft. Eine am Fachgebiet entwickelte leuchtdichtekamerabasierte Methode ermöglichte dabei die schnelle räumliche Bestimmung des einfallenden Lichts und die auf nicht-visuelle Effekte ausgerichtete Auswertung beliebiger Regionen des Halbraumes.

K. Broszio, M. Knoop

#### **Directional dependence of non-visual effects of light**

The vertical illuminance at the eye is used as an independent variable in many studies on non-visual effects of light. There were and are contradictory study results for the same illuminance. This is possibly due to the definition of illuminance as a spatially integral variable that does not contain any information about the direction of light incidence.

Results of some studies show that illumination of the lower half of the retina during the night suppresses melatonin more efficiently if compared to illumination of the upper half. For a targeted stimulation of non-visual effects, it is important to know whether this directional dependence also exists during the day.

With the help of a test person experiment with illuminated hemispheres in a laboratory setup, the proof of the nocturnal directional dependency was therefore first examined and then the transferability of the results from night to day. The results indicate that even at low illumination levels, light from the upper visual field has a positive influence on audio reaction times during the day and at night.

In a further test, different light scenes with different angles of incidence were tested during the day in an office-like situation. For this a luminance camera-based method developed at the chair enables the fast spatial determination of the incident light and the evaluation of any region of the half space for non-visual effects.

---

## 4 Arbeiten Activities

---

### 4.1 Abschlussarbeiten | Final Theses

Timm Felix Baumann, Masterarbeit | Master Thesis

**Determination of daylight provision and spectral composition of lighting in indoor environments from practical measurements of the luminance distribution**

Betreuer | Supervisor: Knoop

Stephan Dast, Masterarbeit | Master Thesis

**Überprüfung und Erweiterung eines bestehenden Messaufbaus zur Vermessung von Fotodioden**

Betreuer | Supervisors: Knoop, Weber, Rudawski

Nadine Eichbrett, Bachelorarbeit | Bachelor Thesis

**Lichttechnische Charakterisierung eines Hörsaals unter Berücksichtigung der Lichteinfallrichtung und erwarteter, empfindlicher retinaler Regionen des Beobachters in Bezug auf nicht-visuelle Wirkungen**

Betreuer | Supervisors: Knoop, Broszio

Samuel Fiedelak, Masterarbeit | Master Thesis

**Bewertung der psychologischen Blendung von Straßenleuchten unter mesopischen Bedingungen**

Betreuer | Supervisor: Völker

André Fröhlich & Stanislaw Nowak, Masterarbeit | Master Thesis

**Statistischer Vergleich der Tarnwahrscheinlichkeit in der Straßenbeleuchtung zwischen simulierten und realen Szenen**

Betreuer | Supervisor: Völker

Tobias Gemmer, Bachelorarbeit | Bachelor Thesis

**Einfluss der Einteilung des Messrasters auf die Bestimmung von leuchtdichtebasierten Normwerten von Straßendeckschichten**

Betreuer | Supervisors: Völker, Buschmann

Sinan Gerceker, Masterarbeit | Master Thesis

**Implementierung und Validierung einer On-Board HMI-Systems für automatisiertes Fahren**

Betreuer | Supervisors: Völker, Krensel

Ernst Nathanael Hotz, Bachelorarbeit | Bachelor Thesis

**Bau eines wissenschaftlichen Funktionsmodells zur Validierung der spektralen Tageslicht-Potenzialdiagramme auf Fassadenniveau**

Betreuer | Supervisors: Knoop, Diakite

Deniz Onagan, Masterarbeit | Master Thesis

**Analysis of seasonal and geographical variations in daylight illuminants**

Betreuer | Supervisor: Knoop



---

Matthias Schaale-Segeroth, Bachelorarbeit | Bachelor Thesis

**Entwicklung einer Messeinrichtung auf Basis eines Einplatinencomputers und des Sensors AS7264N**

Betreuer | Supervisors: Knoop, Weber

Robert Schatzl, Bachelorarbeit | Bachelor Thesis

**Analyse des Energieeinsparpotenzials von Lichtstärkeverteilungsoptimierungen für verschiedene Nutzflächen im Straßenraum**

Betreuer | Supervisors: Völker, Buschmann

Tankred Schönfisch, Bachelorarbeit | Bachelor Thesis

**Untersuchung der räumlichen Leuchtdichteverteilung des an nicht nachgeführten PV-Modulen reflektierten Sonnenlichts**

Betreuer | Supervisor: Knoop

Sophie Seewald, Masterarbeit | Master Thesis

**Entwicklung eines Tools zur Messdatenanalyse und Bestimmung eines optimierten Tageslichtsensors**

Betreuer | Supervisor: Knoop

Marcel Urban, Masterarbeit | Master Thesis

**Charakterisierung einer mobilen Hyperspektralkamera und Programmierung eines Interfaces zur Ansteuerung**

Betreuer | Supervisor: Völker

---

## 4.2 Dissertationen

---

**Inga Rothert**

***Wirkung von Beleuchtungsstärke und spektraler Verteilung des Lichts auf die Aufmerksamkeit am Tag***

Defensio: 11.11.2019

Moderne LED- und Lichtmanagementtechnologien sowie wachsendes Wissen über nicht-visuelle Wirkungen von Licht können es zukünftig ermöglichen, mit dem richtigen Licht zur richtigen Zeit die oft suboptimalen Lernbedingen an Schulen und Universitäten zu verbessern. Diese Arbeit leistet einen Beitrag „richtig“ näher zu definieren und beschreibt Untersuchungen zur Wirkung von Licht auf die akute, mit kognitiven Tests und Fragebögen erfasste, Aufmerksamkeit junger Erwachsener am Tage.

Der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Laborversuch zeigte, dass eine höhere vertikale Beleuchtungsstärke auf Augenhöhe für die Aufmerksamkeit grundsätzlich von Vorteil ist. Jedoch wirkte sich die Interaktion von gleichzeitig hoher Beleuchtungsstärke und hohem kurzwelligen Anteil in der spektralen Verteilung nachteilig aus.

Eine groß angelegte Feldstudie im Hörsaal konnte diese Ergebnisse nicht reproduzieren und ein weiterer Laborversuch zeigte keine Unterschiede zwischen dynamischer und statischer Beleuchtung. In allen Versuch wurden sehr hohe Farbtemperaturen vom Nutzer weniger akzeptiert.

**Inga Rothert**

***Effect of illuminance and spectral distribution of light on the attention during the day***

Defense: November 11<sup>th</sup>, 2019

Modern LED and lighting management technologies as well as growing knowledge about non-visual effects of light can make it possible in the future to improve the often suboptimal learning conditions in schools and universities by providing the right light at the right time. This paper contributes to a more precise definition of „right“ and describes studies on the effect of light on the acute attention of young adults during the day, which are recorded with cognitive tests and questionnaires.

The laboratory test carried out in the context of this work showed that a higher vertical illuminance at eye level is basically beneficial for attention. However, the interaction of simultaneously high illuminance and a high short-wave component in the spectral distribution had a negative effect.

A large-scale field study in a lecture hall could not reproduce these results and another laboratory experiment showed no differences between dynamic and static lighting. In all experiments, very high color temperatures were less acceptable to the user.

---

Serkan Önel

***Bewertung von inhomogenen Leuchtdichtefeldern unter Berücksichtigung der peripheren Schwellenkontraste der lokal äquivalenten Adaptationsleuchtdichten bei mesopischen Leuchtdichtebedingungen***

Defensio: 20.01.2020

Umfangreiche Literaturrecherchen zu Schwellenkontrasten unter homogenen und inhomogenen Leuchtdichtebedingungen machen deutlich, dass im inhomogenen Fall die Adaptationsleuchtdichte nicht eindeutig definiert ist. Es existiert zwar eine Reihe von Modellen, allerdings sind diese recht unterschiedlich in ihren Ansätzen.

Das Ziel der Arbeit bestand daher darin, ein Bewertungsmodell für inhomogene Leuchtdichtebedingungen zu definieren, wie sie im Rahmen der Anforderungsanalyse für ein ortsfestes Markierungslicht entstehen. Hierzu wurden eigene Untersuchungen in der Peripherie unter inhomogenen Leuchtdichteverhältnissen durchgeführt. Die Bewertung wurde dabei vor allem durch den Schwellenkontrast und die Reaktionszeit operationalisiert.

Im Ergebnis sollte eine äquivalente Adaptationsleuchtdichte aus der inhomogenen Leuchtdichte definiert werden, die die gleichen Schwellenkontraste hervorruft. Die Untersuchung der mittleren Leuchtdichte, welche ein Objekt beim Erscheinen verdeckt, als mögliche äquivalente Adaptationsleuchtdichte zeigte dabei eine gute Übereinstimmung der Schwellenkontraste zwischen dem lokal homogenen und dem komplett inhomogenen Hintergrund.

Serkan Önel

***Evaluation of inhomogeneous luminance fields considering the peripheral threshold contrasts of the locally equivalent adaptation luminances under mesopic conditions***

Defense: January 20<sup>th</sup>, 2020

Extensive literature research on threshold contrasts under homogeneous and inhomogeneous luminance conditions makes it clear that in the inhomogeneous case the adaptation luminance is not clearly defined. Although a number of models exist, they are quite different in their approaches.

Therefore, the aim of this thesis was to define an evaluation model for inhomogeneous luminance conditions as they arise in the context of the requirements analysis for a stationary marker light. For this purpose, own investigations were carried out in the periphery under inhomogeneous luminance conditions. The evaluation was operationalized mainly by threshold contrast and reaction time.

As a result, an equivalent adaptation luminance should be defined from the inhomogeneous luminance that causes the same threshold contrasts. The investigation of the mean luminance, which obscures an object when it appears, as a possible equivalent adaptation luminance showed a good agreement of the threshold contrasts between the locally homogeneous and the completely inhomogeneous background.

---

## 4.3 Veröffentlichungen und Vorträge

### Publications and presentations

---

Broszio, K.

**Effects of illumination of upper and lower retina on subjective sleepiness and audio reaction time in night and daytime**

Basel Seminar Series on Circadian Rhythms and Sleep, 16.01.2020 Psychiatric Hospital of the University of Basel, Schweiz

Broszio, K; Knoop, M; Völker, S

**Auswirkungen räumlicher Lichtverteilungen**

BioWi 6. Praxisforum Biologische Lichtwirkungen, 12.-13.11.2019 Weimar

Diakite, A. K.

**The colour(s) of the sky – Bridging the theory and practice: Implementation, Benefits and Application Areas**

Talk at the Velux Daylight Symposium, 09.10.2019, Paris, Frankreich

Giuliani, F.; Sokol, N.; Lo Verso, V.; Viula, R.; Caffaro, F.; Paule, B.; Diakite, A. K.; Sutter, Y.

**A study about daylighting knowledge and education in Europe. Results from the first phase of the DAYKE project**

In: Architectural Science Review, 2019, doi: 10.1080/00038628.2019.1675042

Knoop, M.

**Spektrale Himmelsmessungen – Wissenswertes für den Planer: Durchführung, Nutzen und Anwendungsbereiche**

BioWi, 12.11.2019, Weimar, Deutschland

Rahbar, F.

**Innovative Beleuchtung mit ortsfestem Markierungslicht**

Stadt Licht + Verkehr, 27.11.2019, Leipzig, Deutschland

Rudawski, F.; Broszio, K.; Weber, N.; Knoop, M.

**Korrekt und reproduzierbar messen – Erfassen von Lichtbedingungen zu nichtvisuellen Wirkungen**

In: LICHT, Richard Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, 2/2020, ISSN: 0024-2861, S. 104-108

Schumacher, H.

**Lichttechnik und Energieeffizienz**

Webinar: Energieeffiziente Beleuchtung, Zentrum für Energie, Bauen, Architektur und Umwelt GmbH, 11.12.2019

Schumacher, H.

**Chair of Lighting Technology – Current research**

FOresight-Netzwerktreffen, 23.01.2020, ZF Friedrichshafen, Diepholz, Deutschland

Völker, S.

**Digitaler Lichtmasterplan**

Smart Country Convention, 24.10.2019, Berlin, Deutschland

---

Völker, S.

**Beleuchtung, systematische Mobilität und Zukunftsstadt**

LAG Mobilität, 05.02.2020, Technikmuseum Berlin, Deutschland

Völker, S.

**Höhere Verkehrssicherheit durch bessere Beleuchtung**

Webkonferenz Kolloquium Zukunft Licht, 18.06.2020

Völker, S.

**Licht und Schlaf**

30 Jahre Schlaflabor, 15.08.2020, 30 Jahre Schlafzentrum in der Charité, Berlin

Völker, S.; Serick, F.; Flesch, P.

**Beleuchtungstechnik Grundlagen. Überarbeitung und Neugestaltung der Kapitel 1.2, 2.1 und 8.1**

5. Auflage, Hrsg.: LiTG, Autoren: Baier, Barfuß, Seifert, Huss-Medien GmbH, Verlag Technik, Berlin, 2020, ISBN 978-3-341-01648-0

Weber, N.; Rudawski, F.; Knoop, M.

**Tageslichtforschung im Herzen Berlins – Der Tageslichtmessplatz am Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin**

In: LICHT, Richard Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, 9/2019, ISSN: 0024-2861, S. 73–75



Stadt Licht + Verkehr 2019 | Quelle | Source: Stadt Licht + Verkehr/evermind.de

---

## 4.4 Mitgliedschaften in Gremien und Fachausschüssen

### Board and committee memberships

---

#### **Aydinli, S.**

DIN NA 005-56-20 GA

Normenausschuss Lichttechnik,  
Arbeitsausschuss Energetische Bewertung von Gebäuden

#### **Broszio, K.**

LiTG FA EFI

DIN NA 058-00-27 AA

CIE JTC 14

LiTG Expertenforum Innenbeleuchtung  
Normenausschuss Lichttechnik,  
Arbeitsausschuss Wirkung des Lichts auf den Menschen  
Joint TC 14 Integrative Lighting

#### **Buschmann, S.**

LiTG FA EFA

LiTG Expertenforum Außenbeleuchtung

#### **Diakite, A.**

IEA SHC Task 61

IEA SHC Task 61/EBC Annex 33 on  
Integrated Solutions for Daylighting and Electric Lighting

#### **Knoop, M.**

CIE Div. 3

CIE JTC 4

CIE JTC 18

CEN WG 11

DIN NA 058-00-06

DIN NA 041-01-08

Daylight Academy

Vorstand | Executive board & Associate Director Daylight  
CIE Division 3, Interior Environment and Lighting Design  
Joint TC 4, Benefits of daylight  
Joint TC 18, Lighting Education  
Arbeitsgruppe 11 der CEN/TC 169, Daylighting  
Normenausschuss Lichttechnik,  
Arbeitsausschuss Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht  
Normenausschuss Lichttechnik,  
Arbeitsausschuss Meteorologische Daten  
Mitglied | Founding member

#### **Völker, S.**

LiTG

LiTG FA EFA

LiTG TWA

FNL DIN

CIE DNK

CIE TC 4-33

CIE JTC 1

Vorstandsmitglied | Board member LiTG-BG Berlin-Brandenburg  
LiTG Expertenforum Außenbeleuchtung  
Technisch-Wissenschaftlicher-Ausschuss der LiTG  
Sprecher | Speaker der Hochschulen im  
Fachnormenausschuss Lichttechnik des DIN  
Lenkungsausschuss des Deutschen Nationalen Komitees der CIE  
Vorsitzender | TC Chair Technisches Komitee TC 4-33 der CIE,  
Discomfort Glare in Road Lighting  
CIE, Joint TC 1, Anwendungsfelder Mesopisches Sehen

---

---

CIE TC 4-50	Vorsitzender   TC Chair Technisches Komitee TC 4-50 der CIE, Road Surface Characterization for Lighting Applications
CIE TC 4-52	Technisches Komitee TC 4-52 der CIE, Lighting for Pedestrians: New Empirical Data
CIE TC 4-53	Technisches Komitee TC 4-53 der CIE, Tunnel Lighting Evolution
CIE TC 4-54	Technisches Komitee TC 4-53 der CIE, Road Lighting for Ageing Drivers
FBH	Beiratsmitglied   Member of the advisory board, Ferdinand Braun Institut
BAST	Beiratsmitglied   Member of the advisory board, Verkehrssicherheitsrat der Bundesanstalt für Straßenwesen
<b>Weber, N.</b>	
DIN NA 058-00-06	Normenausschuss Lichttechnik, Arbeitsausschuss Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht
LiTG FA EFTa	LiTG Expertenforum Tageslicht





# Schriftenreihe des Fachgebietes Lichttechnik

Hrsg.: Prof. Dr. Stephan Völker, Heike Schumacher

ISSN 2196-338X (print)

ISSN 2198-5103 (online)

**1: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**Jahresbericht 2012.** - 2013. - 61 S.

ISBN 978-3-7983-2517-3 (print) EUR 5,80

ISBN 978-3-7983-2518-0 (online)

**2: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**Jahresbericht 2013.** - 2014. - 67 S.

ISBN 978-3-7983-2667-5 (print) EUR 8,00

ISBN 978-3-7983-2668-2 (online)

**3: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**8. Symposium Licht und Gesundheit.** Eine

Sondertagung der TU Berlin gemeinsam mit

DaFp und LiTG; 19. und 20. März 2014,

Messegelände Berlin. - 2014. - 201 S.

ISBN 978-3-7983-2671-2 (print) EUR 12,50

ISBN 978-3-7983-2672-9 (online)

**4: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**Jahresbericht 2014.** - 2015. - 64 S.

ISBN 978-3-7983-2747-4 (print) EUR 8,00

ISBN 978-3-7983-2748-1 (online)

**5: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**UNILED – Erfassung und Beseitigung von  
Innovationshemmnissen beim Solid State**

**Lighting.** Ausgewählte Ergebnisse des

Forschungsvorhabens. - 2015. - 272 S.

ISBN 978-3-7983-2707-8 (print) EUR 15,00

ISBN 978-3-7983-2708-5 (online)

6: noch nicht erschienen

**7: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**Jahresbericht 2015/2016.** - 2016. - 62 S.

ISBN 978-3-7983-2834-1 (print) EUR 9,00

ISBN 978-3-7983-2835-8 (online)

**8: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**9. Symposium Licht und Gesundheit.**

Abstracts. - 2016. - 75 S.

ISBN 978-3-7983-2866-2 (print) EUR 8,00

ISBN 978-3-7983-2867-9 (online)

**9: Bense, Silvia: Messtechnische Bewertung**

**weißer LED-Leuchten.** Gonio-spektralradio-  
metrische Untersuchung räumlicher Farb-  
unterschiede. - 2017. - 118 S.

ISBN 978-3-7983-2910-2 (print) EUR 13,00

ISBN 978-3-7983-2911-9 (online)

**10: Völker, Stephan: Blendung durch Kfz- Schein-**

**werfer im nächtlichen Straßenverkehr.** Ein

Review bis 2006 – Beschreibung, Maßzahlen,

Bewertungsmethoden. - 2017. - 172 S.

ISBN 978-3-7983-2956-0 (print) EUR 15,00

ISBN 978-3-7983-2957-7 (online)

**11: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**Jahresbericht 2016/2017.** - 2017. - 52 S.

ISBN 978-3-7983-2930-0 (print) EUR 8,00

ISBN 978-3-7983-2931-7 (online)

**12: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**Jahresbericht 2017/2018.** - 2018. - 68 S.

ISBN 978-3-7983-2997-3 (print) EUR 9,00

ISBN 978-3-7983-2998-0 (online)

**13: Niedling, Mathias: Zum Einfluss des Spektrums  
auf die Blendung.** Untersuchungen zur Wirkung

des kurzwelligen Strahlungsanteils auf die physi-  
ologische und psychologische Blendung. -

2019. - 173 S.

ISBN 978-3-7983-3032-0 (print) EUR 14,00

ISBN 978-3-7983-3033-7 (online)

**14: Hansen, Julien: Remote-Laser-Lichtquelle für ein  
hochauflöstes Scheinwerfersystem.** -

2019. - XIV, 301 S.

ISBN 978-3-7983-3082-5 (print) EUR 19,50

ISBN 978-3-7983-3083-2 (online)

**15: Völker, Stephan; Schumacher, Heike (Hrsg.):**

**Jahresbericht 2018/2019.** - 2019. - 45 S.

ISBN 978-3-7983-3113-6 (print) EUR 8,00

ISBN 978-3-7983-3114-3 (online)

---

**16: Rothert, Inga: Wirkung von Beleuchtungsstärke  
und spektraler Verteilung des Lichts auf die  
Aufmerksamkeit am Tag.** - 2020. - XIV, 261 S.  
ISBN 978-3-7983-3135-8 (print) EUR 18,00  
ISBN 978-3-7983-3136-5 (online)

**17: Önel, Serkan: Bewertung von inhomogenen  
Leuchtdichtefeldern.** - 2020. - xxv, 234 S.  
ISBN 978-3-7983-3147-1 (print) EUR 17,00  
ISBN 978-3-7983-3148-8 (online)



**Jahresbericht 2019/2020**  
**Annual Report 2019/2020**

Die Jahresberichte des Fachgebietes Lichttechnik informieren über Lehrveranstaltungen und aktuelle Forschungsvorhaben am Fachgebiet und geben einen Überblick über Mitarbeiter, Publikationen und Gremientätigkeiten.

The reports of the Chair of Lighting Technology inform about courses and current research projects and give an overview of the colleagues, their publications and committee work.

ISBN 978-3-7983-3170-9 (print)

ISBN 978-3-7983-3171-6 (online)



ISBN 978-3-7983-3170-9



<http://verlag.tu-berlin.de>